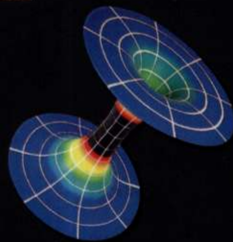








فرهنگ‌نامه‌ی

نجوم و فضا



بسم الله الرحمن الرحیم

فرهنگ‌نامه‌ی نجوم و فضا



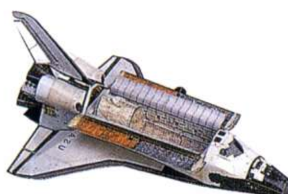
فهرست

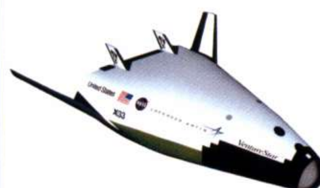


تاریخ نجوم

مشاهده کیهان

کاوش فضا





سیاره‌ها و قمرها



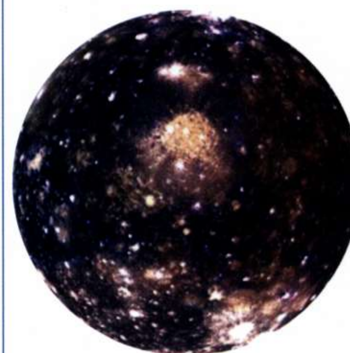
فرهنگ‌نامه‌ی نجوم و فضا



سرویراستار علمی: بابک امین‌تفرشی
مترجم: شادی حامدی‌آزاد
نویسندگان و مترجمان همکار: پوریا ناظمی، آیرین شیوایی
ویراستار ادبی: ترانه امیرابراهیمی
عکاسان داخلی: بابک امین‌تفرشی، اُشین دانیلی‌ذکریان، هاتف همایی، امیرحسین ابوالفتح، علیرضا وفا، همایون امیریگانه
تصویرگران داخلی: الهام محبوب، فرهاد جمشیدی، امیر نساجی

نشر طلایی
مدیر تولید و برنامه‌ریز: کاظم طلایی
مشاور محتوایی: منصور ملک‌عباسی
مدیر هنری: کاظم طلایی
صفحه آرا: مرضیه افشاری‌پور
نمایه‌ی موضوعی: مریم یعقوبی
اسکن تصاویر: هدایت اسکنر
لیتوگرافی: ندای دانش
چاپ: پنج رنگ
صحافی: افرنگ
شمارگان: ۸۰۰۰ نسخه
چاپ اول: زمستان ۱۳۸۸
شابک: ۲ـ۹ـ۹۶۴۰۷ـ۹۶۴ـ۹۷۸
تلفن: ۸۸۸۳۸۱۶۳ ، ۸۸۸۱۱۵۷۵ ـ ۰۲۱ تلفن همراه: ۰۹۱۲۶۰۱۶۴۱۹
www.talaee.ir nashre.talaee@gmail.com

سرشناسه: کوپر، هیثر، ۱۹۴۹ ـ م.
Couper, Heather
عنوان و نام پدیدآور: فرهنگ‌نامه‌ی نجوم و فضا/ نویسندگان هیثر کوپر، نایجل هنبست؛ مترجم شادی حامدی‌آزاد.
مشخصات نشر: تهران: طلایی، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری: ۳۲۰ ص.: مصور(رنگی)
شابک: ۲ـ۹ـ۹۶۴۰۷ـ۹۶۴ـ۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی: فیپا
یادداشت: عنوان اصلی: space encyclopedia
یادداشت: کتابنامه
موضوع: نجوم ـ ـ دایرة‌المعارف‌های کودکان و نوجوانان
موضوع: نجوم فضایی ـ ـ دایرة‌المعارف‌های کودکان و نوجوانان
شناسه افزوده: هنبست، نایجل
شناسه افزوده: Henbest, Nigel
شناسه افزوده: حامدی‌آزاد، شادی، مترجم ۱۳۵۹ـ
رده بندی کنگره: QB۱۴/ک۹ف۴ ۱۳۸۸
رده بندی دیویی: ۵۲۰
شماره کتابشناسی ملی: ۱۹۲۰۰۴۶



ستارگان

کهکشان‌ها و ورای آن‌ها



اخترشناسی آماتوری

گاه‌شمار نجوم و فضا
نام‌آوران نجوم و فضا
واژه‌نامه
نمایه‌ی موضوعی
کاوش در اینترنت



مقدمه

اخترشناسی یا نجوم، دنیای پررمز و رازی است که به‌ظاهر، با زندگی روزمره‌ی ما ارتباطی ندارد و فقط ذهن‌های کنجکاو را به خود جلب می‌کند. اما زمین و هرچه در این سیاره‌ی خُرد است، با کیهان عظیم اطراف آن ارتباط دارد. در حالی که جایی آرام نشسته‌اید و این نوشته را می‌خوانید، با سرعتی بیش‌تر از هواپیمای جت در حال چرخش به دور مرکز زمین هستید. از سوی دیگر، زمین ما را با سرعتی صد برابر تندتر از سرعت صوت، در فضا به دور خورشید می‌گرداند!

اما این پایان ماجرا نیست؛ خورشید نیز در سفر کهکشانی خود، سیاره‌ها، زمین و تمام ما را با سرعت حدود ۳۰۰ کیلومتر بر ثانیه، دور مرکز راه شیری می‌گرداند. تصور کنید که در یک دقیقه‌ای که این نوشته را خوانده‌اید، بیش از فاصله‌ی تهران تا قطب جنوب را پیموده‌اید و اگر فقط ۲۰ دقیقه صبر کنید، فاصله‌ی زمین تا ماه را در فضا طی می‌کنید. در حقیقت، ما در هر شبانه‌روز از زندگی خود، ۳۶ بار از زمین به ماه می‌رویم و برمی‌گردیم!

اخترشناسی امروز به دنبال پاسخ برخی از بنیادی‌ترین پرسش‌های انسان است. آیا ما در کیهان تنها هستیم؟ زمین، منظومه‌ی شمسی و کهکشان ما چگونه در تاریخ کیهانی به‌وجود آمده‌اند؟ در فضای بی‌کران، جایگاه زمین کجاست؟

آشنایی با مَبانی نجوم، رصد آسمان شب و معرفی مرزهای دانش اخترشناسی، هدف ما برای تهیه‌ی این فرهنگ‌نامه بود. تغییرها و اکتشاف‌ها در نجوم، با چنان سرعتی در دنیای تلسکوپ‌های عظیم و کاوشگرهای فضایی امروز رخ می‌دهد که منابع آموزشی به‌روز نیاز است.

گروه نویسندگان و مترجمان این اثر نیز کوشیده‌اند تازه‌ترین روی‌دادهای اخترشناسی را در این فرهنگ‌نامه منعکس کنند. این اثر بر مبنای تازه‌ترین نسخه‌ی فرهنگ‌نامه‌ی فضا (Encyclopedia of Space) از انتشارات DK تنظیم شده است. علاوه بر ترجمه، مطالب مربوط به کاوش‌های فضایی و یافته‌های اخترشناسی در چند سال اخیر به کتاب افزوده شده‌است. فصل تاریخ نجوم و چند بخش جدید نیز تألیف و به اصل کتاب افزوده شد. از سوی دیگر، با معرفی اخترشناسان ایرانی امروز و گذشته و استفاده از تصاویر دیدنی از آسمان، که در ایران تهیه شده‌اند، کوشیده‌ایم ارتباط بیش‌تری بین علم اخترشناسی و جامعه‌ی ایرانی برقرار کنیم.



تاریخ نجوم

کاوش‌گرهایی که به دنیاهایی در ورای زمین سفر می‌کنند، تلسکوپ‌های غول‌پیکری که میلیاردها سال نوری در اعماق کیهان نفوذ می‌کنند، اخترشناسان و روش‌هایی که از یک باریکه‌ی کم‌سوی نور شناسنامه‌ی فیزیکی و شیمیایی ستاره‌های دوردست را به‌دست می‌آورند، کیهان‌شناسانی که ابتدای پیدایش عالم را شبیه‌سازی و آینده‌ی کهکشان‌ها را بر اساس مدل‌های علمی پیش‌بینی می‌کنند. همه‌ی این دستاوردهای شگفت اخترشناسی امروز، که بر دوش منجمان بزرگی در تاریخ جهان نشسته، پله‌ای از نردبانی است که هزاران سال پیش با نخستین کنجکاوی‌های ابتدایی انسان در آسمان شب آغاز شد. اخترشناسی اولیه با باورها و اسطوره‌های کهن شکل گرفت. دلیل پدیده‌های سماوی حیرت‌انگیز، خدایانی در آسمان دانسته می‌شد که قدرت افلاک را در دست داشتند و پیش‌گویانی که از راز آن‌ها سر در می‌آوردند، به طالع‌بینی می‌پرداختند. به‌مرور، اخترشناسی علمی مسیر خود را از اختربینی جدا کرد و رصدهای دقیق، روش‌های ریاضی، ابزارهای علمی و قوانین فیزیک پایه‌های اصلی نجوم امروز شد.

▶ آسمان پرستاره‌ی کویر یزد از درون کاروانسرای تاریخی خرانق

نجوم در دوران باستان



بی‌گمان توجه انسان به آسمان شب، خورشید و ماه از هزاران سال پیش و حتی در دوران غارنشینی آغاز شده است. اما از زمانی که انسان دشت‌نشین و کشاورزپیشه شد، به تقویم نیاز پیدا کرد و دانش نجوم از همان دوره پاگرفت. انسان برای زمان‌سنجی، به رصد اهله‌ی ماه پرداخت و صورت‌های فلکی را ابداع کرد تا نشان‌دهنده‌ی محل خورشید در آغاز فصل‌های سال باشد. کم‌کم، با توجه بیش‌تر به آسمان، صورت‌های فلکی بیش‌تری ابداع شد و پدیده‌های آسمان مورد توجه نخستین اخترشناسان باستان قرار گرفت. نقش روی سفال‌ها و مهرهای قدیمی حاکی از آن است که دست کم، از حدود ۶هزار سال پیش، برخی صورت‌های فلکی منطقةالبروج در میان‌رودان (شامل جنوب غرب ایران) شناخته شده بود.

حدود ۵هزار سال پیش، در ساختار هرم‌های بزرگ مصر، نشانه‌هایی از توجه عمیق به آسمان دیده شد.

در هزاره‌ی سوم پیش از میلاد، اقوام آمریکای مرکزی رصدگران دقیقی بودند و در همان دوره، در بابل و امپراتوری هخامنشی، نجوم در اوج شکوفایی بود.

با رشد علم در یونان باستان، بیش از ۲هزار سال پیش دوره‌ی جدیدی از اخترشناسی آغاز شد و از حدود یک هزاره پیش، در اوج دوره‌ی شکوفایی علم در جامعه‌ی مسلمانان، منجمان ایرانی و عرب بسیاری به تحقیق، ساخت ابزار و رصدخانه و ارائه‌ی جداول دقیق نجومی پرداختند. دانش این دوره، انقلاب نجوم کوپرنیکی را در اروپا پایه‌گذاری کرد.



در هرم بزرگ جیزه، تونلی یافت شده که در امتداد ستاره‌ی قطبی ۴۸۰۰ سال پیش ساخته شده است.

کاهنان مصری

آن‌چه از برخی نقاشی‌های دیواری در معابد و هرم‌های مصر برجای مانده، نشان‌دهنده‌ی آن است که کاهنان یا روحانیان مصری، رصدگران دقیقی بودند که برای پادشاه و جهت پیش‌گویی روی‌دادها، به رصد می‌پرداختند. آن‌ها زمان طغیان رود نیل را با طلوع صبح‌گاهی ستاره‌ی شباهنگ حدس می‌زدند. زیرا در آن هنگام، نیمه‌ی تابستان و فصل خشک به‌پایان می‌رسید. هرم بزرگ جیزه، که ساخت آن ۴۸۰۰ سال پیش شروع شد، تونلی دارد که از محل آرامگاه مرکزی هرم شروع می‌شود و رو به ستاره‌ی قطبی آن زمان (ثعبان در صورت فلکی اژدها)، امتداد می‌یابد.



کتیبه‌ای با قدمت بیش از ۲هزار سال از بابل که به ظهور دنباله‌داری اشاره کرده که همان دنباله‌دار دوره‌ای هالی است.

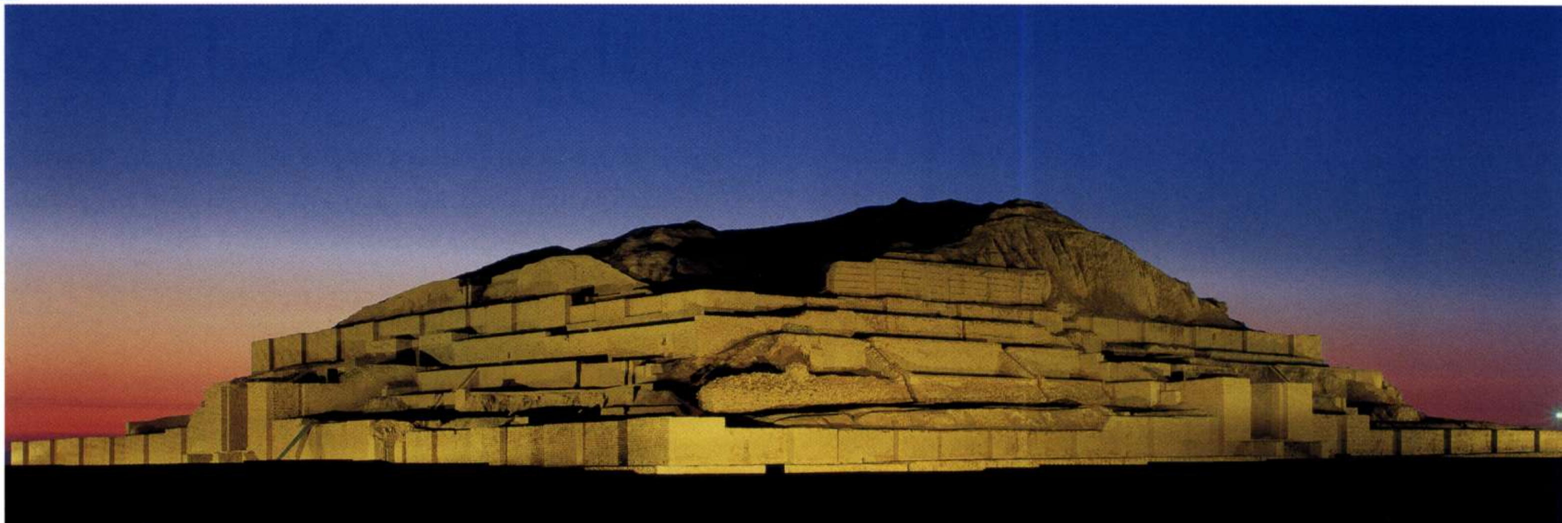
رصدگران بابل

روی دو لوح گلی پخته، مربوط به حدود ۷۰۰ سال پیش از میلاد که در تمدن بابلی (جایی که عراق امروز قرار دارد) یافت شده، اطلاعات کاملی از حرکت ستاره‌ها و سیاره‌ها ثبت شده است. فهرستی از ستاره‌ها و صورت‌های فلکی شناخته‌شده‌ی آن زمان، نشانه‌ی روشنی از وجود پشتوانه و سنتی بسیار غنی از رصد آسمان به‌همت بابلی‌هاست. برخی صور فلکی تا این روزگار حفظ شده و به دست ما رسیده است. بابلی‌ها میراث بزرگ دیگری نیز در تاریخ نجوم دارند و آن تقسیم مدت یک سال به ۳۶۰ روز است. با ظهور امپراتوری هخامنشی و گسترش آن به بابل، مغان ایرانی(پیروان حضرت نوح علیه السلام) نیز، که منجمانی توانا بودند، به رصدگران بابلی پیوستند و دوره‌ی شکوفایی نجوم منطقه فرارسید.



تحول یونانی

در اواسط هزاره‌ی اول پیش از میلاد، با رشد تمدن یونانی و انتقال تدریجی دانش مصر و میان‌رودان و ایران به آن‌جا، دانش دوران باستان به تحولی بزرگ رسید. برخلاف بابلی‌ها، که نجوم را بیش‌تر برای کاربرد آن در پیش‌گویی آینده (اختربینی) مطالعه می‌کردند، یونانیان در پی یافتن اصول کلی و قوانین فیزیکی بودند که بر حرکت‌های عالم حکم می‌راند. به این سبب، آنان فلسفه را با علم درآمیختند. ارسطو در قرن چهارم پیش از میلاد، نظامی برای کارکرد جهان و پدیده‌های آن بیان کرد که بر پایه‌ی افلاکی بی‌تغییر و لایه‌لایه بر گرد زمین بود. اَبَرخُس در قرن دوم پیش از میلاد، فهرستی از ۸۵۰ ستاره‌ی رصدشده ارائه داد و نخستین ستاره‌ها را بر اساس روشنایی مرتب کرد که مبنای دستگاه قدرسنجی ستاره‌ها در نجوم شد. حدود سیصد سال بعد، در قرن دوم میلادی، منجم مصری ـ یونانی، بطلمیوس، مهم‌ترین کتاب نجوم دوران باستان را نوشت. کتاب مجسطی قرن‌ها منبع اصلی منجمان بود و مدل زمین‌مرکزی بطلمیوس تا دوران کوپرنیک، یعنی ۱۴ قرن، مبنای اصلی بود.



بنای ۳۲۰۰ ساله‌ی زیگورات چغازنبیل در نزدیکی شوش (خوزستان). برخی محققان عقیده دارند کاهنان دوران باستان، از فراز این زیگورات‌ها آسمان را رصد می‌کردند.

نجوم در ایران باستان

متن‌های باقی‌مانده از دوران کهن ایران، از رشد دانش ستاره‌شناسی در این زمان نشان دارد. گذشته از برخی افسانه‌های کهن در متونی مانند شاهنامه‌ی فردوسی، که به برخی ابزارهای رصدی پیش‌رفته نظیر جام جمشید اشاره دارند، می‌توان در بسیاری از متون مقدس تاریخی در این زمینه، نشانه‌های آشکاری یافت. در فصل یَشت‌های اَوِستا و به‌ویژه در فصل تیشتَریَشْت، علاوه بر ارائه‌ی تقسیم‌بندی دقیقی از ستاره‌ها و سیاره‌ها، به برخی پدیده‌ها مانند بارش‌های شهاب نیز اشاره شده است.

وجود بناهایی مانند تخت تاقدیس (احتمالاً نخستین آسمان‌نما در جهان)، امروزه از مرز افسانه خارج شده است و پژوهش‌های باستان‌شناختی در زمینه‌ی آن‌ها صورت می‌گیرد. از سوی دیگر، بخش زیادی از سنت نجوم دوران باستانی ایران، که مربوط به امپراتوری هخامنشی و پس از فتح بابل به‌دست ایرانیان است، در رده‌ی دست‌آوردهای نجوم بابل طبقه‌بندی شده است. در این دوره‌ی ایرانی ـ بابلی، افرادی مانند نبوریمانی به فعالیت پرداختند که مطالعات دقیقی درباره‌ی طول سال و محاسبه‌ی چرخه‌ی گرفت‌ها داشت. ضمن این‌که به سبب باورهای آیینی، تقریباً همه‌ی بناهای مذهبی کاربری نجومی یا دست کم تقویمی داشتند و طبقات بالای روحانیان باید دانش کاملی از ستاره‌شناسی می‌داشتند و همه‌ی این‌ها بخشی از اسرارِ هنوز کاوش‌نشده‌ی تمدن‌های باستانی این منطقه از جهان است.



یک نقشه‌ی آسمان از منجمان قدیم چین

نجوم چینی

سنت اخترشناسی چین، به هزاره‌ی دوم پیش از میلاد می‌رسد و امروزه کمتر از آن صحبت می‌شود. اما نجوم در چین پشتوانه و اسناد بسیار محکمی دارد. در چین باستان، محاسبات دقیقی از دوره‌های گرفت خورشید و ماه انجام می‌شد و چینی‌ها از صورت‌های فلکی ویژه‌ی خود استفاده می‌کردند. رسم نقشه‌های دقیق از ستاره‌ها، یکی دیگر از پیش‌گامی‌های چینیان به‌شمار می‌رود؛ به همین دلیل، یکی از قدیمی‌ترین نقشه‌های چاپی از ستاره‌ها به نام سوسانگ، متعلق به چینیان و مربوط به سال‌های حدود ۱۰۹۲ میلادی است. چینیان در رصد و ثبت دنباله‌دارها و جرم‌های نوظهور آسمان، پیشینه‌ای طولانی داشتند و یکی از دقیق‌ترین ثبت‌ها از ابرنواختر ۱۰۵۴ میلادی در صورت فلکی ثور را انجام دادند؛ ابرنواختری که امروزه بقایای آن در قالب سحابی خرچنگ شناخته می‌شود. به‌علاوه، آنان رصدخانه‌ی تاریخی پکن را بر مبنای طرح رصدخانه‌ی مراغه بنا نهادند و ابزارهای نجومی بسیاری مانند کره‌ی سماوی ساختند که در طول تاریخ نجوم چین تحول فراوانی یافت.



زیگورات‌های سنگی مانند این بنا در مکزیک، رصدگاه‌های کهن آمریکای مرکزی بودند.

نجوم در آمریکای مرکزی

یکی از بارزترین ویژگی‌های تمدن‌های بومی آمریکای شمالی و آمریکای مرکزی، توجه و وابستگی آن‌ها به جهان ستارگان است. بسیاری از این اقوام، مانند سرخ‌پوستان اینکا، شاه خود را فرزند خورشید می‌دانستند و معمولاً در ساخت بناها و عبادت‌گاه‌های خود جهت‌گیری‌های نجومی را رعایت می‌کردند. آن‌ها به رصد دقیق سیاره‌ی زهره نیز می‌پرداختند. تقویم پیچیده‌ی مایاها و بناهای مبتنی بر دیدگاه آن‌ها از ستاره‌ها، نمونه‌هایی از دست‌آوردهای این سرخ‌پوستان به‌شمار می‌رود که جلوه‌ای از آن‌ها را می‌توان در اساطیر این منطقه یافت؛ بناهایی مانند هرم چِچِن‌ایتزا در مکزیک از جمله بناهایی با کاربرد نجومی است.

نجوم اسلامی ـ ایرانی

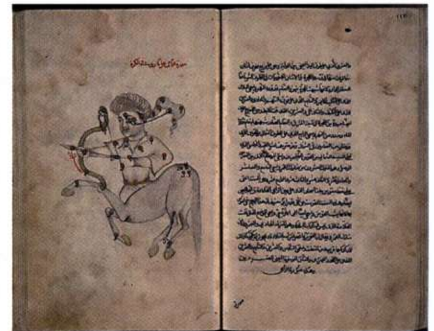
در تاریخ کلاسیک روایت می‌شود که ایرانیان و مسلمانان، فقط مترجمان آثار یونانی به‌شمار می‌روند که این آثار را در قرون وسطی حفظ کردند و آن‌را به اروپاییان بازگرداندند. اما برخلاف آن، باید دانشمندان دوره‌ی ایرانی ـ اسلامی را دانشمندانی مبتکر و خلاق دانست که در کنار ترجمه، برای پیش‌برد دانش ستاره‌شناسی بر مبنای اصول علمی زمان خود می‌کوشیدند. وابستگی بسیاری از شعایر دینی مسلمانان به محاسبات نجومی، باعث رشد حیرت‌انگیز هیئت و ابزارهای کاربردی، مانند اسطرلاب‌ها و ساعت‌های آفتابی میان آنان شد و رصدخانه‌ی علمی را به جهانیان معرفی کردند. سنت زیج‌نویسی، که از پیش از اسلام باقی مانده بود، در این دوره به اوج رسید و زیج‌های کهن و کارآمدی تألیف شد که هنوز هم دربردارنده‌ی ارزش‌های فراوانی است (زیج، جداول نجومی حاصل سال‌ها رصد و محاسبه است که مانند تقویمی برای پیش‌بینی وضعیت ماه، خورشید و سیاره‌ها به‌کار می‌رفت).



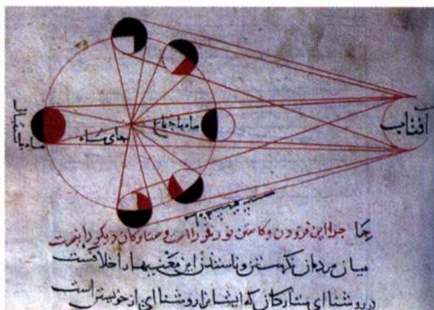
یکی از رصدخانه‌های دوران نجوم اسلامی

برخی منجمان مشهور دوره‌ی اسلامی

عبدالرحمن صوفی رازی: دانشمند بزرگ ایرانی قرن دهم میلادی که در زمان آل بویه، رصدخانه‌ی بزرگی در شیراز تأسیس کرد. او کتاب مجسطی بطلمیوس و جداول ستاره‌ای آن‌را اصلاح کرد و توانست صور فلکی جدیدی، مانند صورت فلکی ققنوس، در آسمان رصد کند. او از نخستین منجمانی بود که به ماهیت متفاوت برخی جرم‌های سماوی پی برد و آن‌ها را سحابی نامید. از او فهرستی از ۹ جرم غیر ستاره‌ای برجای مانده که کهکشان مسلسله یا آندرومدا از معروف‌ترین جرم‌های این مجموعه است. عبدالرحمن نخستین بار به ابر بزرگ ماژلان اشاره کرد. اثر بزرگ او، صورالکواکب، قرن‌ها از منابع اصلی منجمان در شناخت آسمان و تعیین جایگاه ستاره‌ها بود.



کتاب صورالکواکب نوشته‌ی صوفی رازی



طرحی از ابوریحان بیرونی که چگونگی اهله‌ی ماه را توضیح می‌دهد.

ابوریحان بیرونی: دانشمند جامع‌الاطرافی که در خوارزم زاده شد و هم‌عصر دانشمندانی چون ابوالوفای بوزجانی و ابوعلی سینا بود و بیش‌تر آثارش در حوزه‌ی نجوم و ریاضیات است. او روش جدیدی برای اندازه‌گیری شعاع زمین ارائه کرد که نتیجه‌ای بسیار دقیق‌تر از روش معمول اراتستن به‌دست می‌داد. ابوریحان همراه با ابوالوفای بوزجانی، با رصد هم‌زمان یک ماه‌گرفتگی، به تعیین تفاوت طول جغرافیایی دو منطقه‌ی متفاوت دست زد و برای افزایش دقت رؤیت هلال ماه و جهت‌یابی، چند ابزار نجومی ابداع کرد. از آثار بزرگ بیرونی کتاب التفهیم و قانون مسعودی است که فراتر از یک زیج ساده دایرةالمعارفی کامل از دانش نجوم دوره‌ی اسلامی به‌شمار می‌رود.

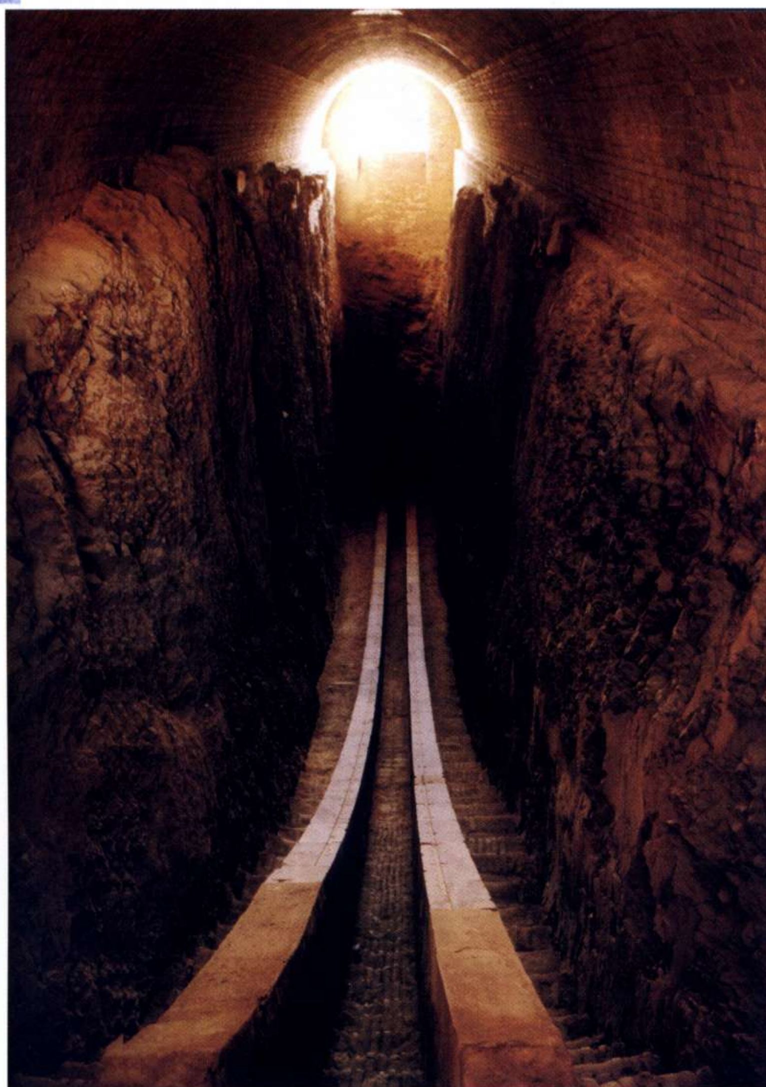


خواجه نصیرالدین توسی: این ریاضی‌دان و اخترشناس شهیر ایرانی، در قرن سیزدهم میلادی می‌زیست. او را باید یکی از پیش‌گامان علمی زمان خود به‌شمار آورد که در تحلیل حرکت سیاره‌ها، مکتب جدیدی بنا نهاد. خواجه نصیر توسی توانست حمایت لازم را برای ساخت رصدخانه‌ی مراغه جلب کند و یکی از بزرگ‌ترین مراکز علمی جهان را بنیان نهد که از پکن گرفته تا رصدخانه‌ی تیکو در اروپا، از آن الگوبرداری شد. او نظریه‌ای مطرح کرد که به همراه توضیحات و تکمله‌های شاگردان و همکارانش، به مکتبی در نجوم تبدیل شد که به مکتب مراغه معروف است و از آن به دوره‌ی پیش از کوپرنیک نیز یاد می‌شود. توسی با درک مشکلات نظریه‌ی بطلمیوسی حاکم بر دیدگاه فکری آن زمان، نظریه‌ای درباره‌ی حرکت سیاره‌ها در منظومه‌ی شمسی مطرح کرد که از مدل زمین‌مرکزی دور می‌شد و یک گام تا نظریه‌ی خورشیدمرکزی فاصله داشت. این نظریه، که به جفت توسی معروف است، مرکزیت حرکت را از زمین می‌گرفت. دیگر دانشمندان مکتب مراغه نیز نقدهایی جدّی بر روش بطلمیوس وارد کردند. نظریه‌ی جفت توسی به یونانی ترجمه شده بود و در کتاب‌خانه‌ی واتیکان نگه‌داری می‌شد؛ جایی که کوپرنیک مدت‌ها وقت خود را صرف مطالعه و گردآوری اطلاعاتی کرد که برمبنای آن‌ها، طرح خورشیدمرکزی خود را قالب‌بندی کرد.

غیاث‌الدین جمشید کاشانی: ریاضی‌دان و اخترشناس قرن چهاردهم میلادی که او را یکی از نوابغ تاریخ ریاضیات می‌دانند. او عدد پی را به دقیق‌ترین صورت از طریق چندضلعی‌های محاط بر دایره حساب کرد و رصدخانه‌ای را به همراهی الغ‌بیک در سمرقند بنا نهاد. زیج خاقانی را نیز تدوین کرد و محاسبات بسیاری در نجوم و ساخت ابزارهای نجومی انجام داد و پیش‌رفت‌های بسیاری در علم مثلثات به‌دست آورد. هنوز هم در برخی مکاتب درسی، از جمله در فرانسه، قضیه‌ی کسینوس‌ها در مثلثات را به نام او می‌شناسند.

مراغه، اوج نجوم اسلامی

در بین فعالیت‌هایی که منجمان مسلمان داشتند، باید تأسیس رصدخانه‌ی مراغه را نقطه‌ی عطفی دانست که نه تنها محیطی علمی را در اختیار اخترشناسان مسلمان قرار داد، بلکه باعث گسترش تفکر ساخت چنین رصدخانه‌هایی در نقاط گوناگون جهان شد. از سوی دیگر، مکتبی را در نجوم به ثمر رساند که به مکتب مراغه معروف شد و یکی از ویژگی‌های آن نقدهایی بود که به دستگاه نجوم بطلمیوسی وارد می‌کرد. این رصدخانه در قرن سیزدهم میلادی، به همت خواجه نصیرالدین توسی ساخته شد و دانشمندان نامداری چون قطب‌الدین شیرازی، مؤیدالدین عرضی، محی‌الدّین مغربی و اخترشناسی چینی به نام فائو مون جی در آن گرد آمدند. اخترشناسان چینی پس از آن در سلسله‌ی یوان و به دستور قوبلای‌خان، رصدخانه‌ی مدرن گائوچنگ را تکمیل کردند.



ابزار زاویه‌سنجی به نام سُدس فخری به طول ۱۱ متر در بقایای رصدخانه‌ی سمرقند



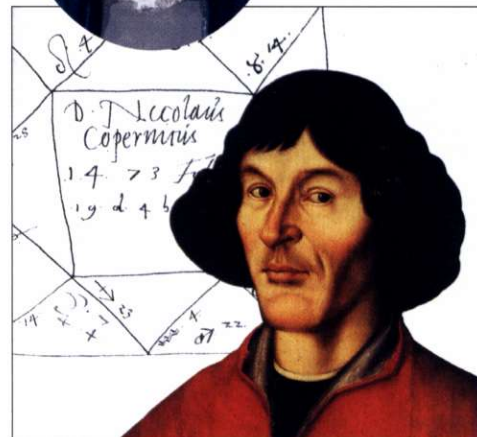
طرح بازسازی شده‌ای از مجموعه‌ی رصدخانه‌ی مراغه

رصدخانه‌ی سمرقند

در قرن‌های چهاردهم و پانزدهم میلادی، که بحث درباره‌ی مدل‌های سیاره‌ای مکتب مراغه بالا گرفته بود، الغ‌بیگ، پادشاه دانشمند متولد سلطانیه‌ی زنجان، به تأسیس رصدخانه‌ی دیگری در سمرقند دست زد. او برای این کار، جمعی از بهترین دانشمندان زمان خود را گردآورد که در رأس آن‌ها، چهره‌ی تابان دانش ریاضیات و نجوم ایران، غیاث‌الدین جمشید کاشانی قرار داشت. او، که پیش از آن زیج خاقانی را تدوین کرده بود، در این رصدخانه در زمینه‌ی تدوین زیج الغ‌بیگ همکاری کرد که یکی از زیج‌های تأثیرگذار در تاریخ نجوم اسلامی است.



خواجه نصیرالدین توسی



نیکولاس کوپرنیک

تحول خورشید مرکزی

در دوران کهن باور عمومی درباره‌ی جایگاه زمین در کیهان این بود که زمین در مرکز این جهان است. هم اخترشناسان و هم مردم عادی از آن حمایت می‌کردند؛ زیرا زمین جایگاهی مقدس و مکان آن فقط مرکز کل کیهان تصور می‌شد. نظریه‌ی زمین‌مرکزی را بطلمیوس توسعه داد و مدل او قرن‌ها پذیرفته ماند. اما منجمان مسلمان، از جمله نصیرالدین توسی، بر آن ایرادهایی یافتند. سرانجام، در اوایل قرن شانزدهم میلادی، فرصت تغییر این باور اشتباه به دست نیکولاس کوپرنیک، کشیش و منجم لهستانی، افتاد. او خورشید را مرکز دانست و زمین و دیگر سیاره‌ها را دور آن. اما نظریه‌ی خورشیدمرکزی آن‌قدر مخالف داشت که به سال‌ها رصد اخترشناسان نیاز بود تا پذیرفته شود. در نیمه‌ی دوم همان قرن، منجم دانمارکی، تیکو براهه، که خود به فلسفه‌ی ارسطویی و مدل زمین‌مرکزی عقیده داشت، رصدهایی انجام داد که این اصول را رد کرد.

او در سال ۱۵۷۲، ستاره‌ی جدیدی را در صورت فلکی ذات‌الکرسی دید که امروز می‌دانیم یک اَبَرنواَختر (انفجار ستاره‌ای) بوده است. تغییر در افلاک که بنا بر فلسفه‌ی ارسطویی ابدی و تغییرناپذیرند، براهه را متحیر کرده بود. سپس در ۱۵۷۷ دنباله‌دار پرنوری ظاهر شد که براهه مدار آن‌را در چند فلک متفاوت سیاره‌ای دنبال کرد؛ پدیده‌ای که مدل زمین‌مرکزی را مورد تردید قرار می‌داد. در اوایل قرن هفدهم، یوهان کپلر، که دستیار براهه و میراث‌دار سال‌ها رصد او بود، قوانین سه‌گانه‌ی حرکت سیاره‌ها را بر پایه‌ی مدل خورشید مرکزی و مدارهای بیضوی به دور خود ارائه داد که در نجوم امروز، اصولی پذیرفته شده‌اند. در همان سال‌ها، ورود تلسکوپ به دنیای نجوم چشمان گالیله را به روی عجایب تازه‌ای گشود که نظریه‌ی خورشیدمرکزی را تأیید می‌کرد.



تاریخچه‌ی ابزارهای نجومی

از دوره‌ای که انسان با چشم آسمان را می‌کاوید تا امروز، که مجموعه‌ای حیرت‌انگیز از تلسکوپ‌های غول‌پیکر در فضا و زمین چشم به آسمان دوخته‌اند، راه درازی طی شده است؛ راهی که چندین هزار سال پیش با رصدخانه‌های سنگی یا دستگاه‌های تقویم‌شناس تمدن‌های نخست آغاز شد. این آرایه‌های سنگی در مصر، اروپا (به‌خصوص بریتانیا) و آمریکای مرکزی شناسایی شده‌اند. در دوره‌ی شکوفایی نجوم در میان‌رودان، رصدگران آسمان ابزارها و بناهای دیگری ساختند. اما ابزارهای اولیه در دوره‌ی نجوم اسلامی به ابزارهایی دقیق تبدیل شدند که نهایت دقت ممکن را در رصد با چشم غیر مسلح، امکان‌پذیر می‌ساختند. قرن‌ها بعد، انقلاب عصر تلسکوپ آغاز شد و این ابزار نو، خیلی زود روند تکامل خود به تلسکوپ‌های گوناگون و غول‌هایی طی کرد که امروز در کوهستان‌های زمین می‌بینیم.

رصدخانه‌های سنگی

استون‌هنج، دایره‌هایی از سنگ‌های عظیم است که حدود ۵هزار سال پیش، اقوامی در جنوب جزیره‌ی بریتانیا آن‌ها را به آن محل آوردند و برافراشتند. آن‌ها با نگاه کردن به خورشید، ماه و ستاره‌ها از میان این سنگ‌ها، زمان شروع و پایان فصل‌ها را یافتند و تقویمی مطلوب برای نیازهای روزمره و آیینی خود به‌دست آورند و شاید توانایی پیش‌بینی برخی پدیده‌های نجومی را نیز کسب کردند. این بنا کهن‌ترین رصدخانه‌ی باستانی باعظمت است.



استون هنج، آرایه‌ای ۵هزار ساله از سنگ‌های عظیم در بریتانیا

برخی ابزارهای منجمان مسلمان

اسطرلاب: با آن‌که اسطرلاب برای نامیدن مجموعه‌ای از ابزارهای رصدی گوناگون به‌کار رفته، آن‌چه امروزه به این نام مشهور شده، نوع خاصی از اسطرلاب به نام اسطرلاب جهان‌نماست. کلمه‌ی اسطرلاب از ترکیب دو واژه‌ی یونانی و به معنی ستاره گرفتن است. مخترع این ابزار به‌درستی معلوم نیست. برخی آن‌را به ایرانیان باستان نسبت می‌دهند و جام جمشید را نوعی اسطرلاب می‌دانند و برخی اَبَرخُس یا بطلمیوس را مبدع آن می‌دانند (قدیمی‌ترین ابزار اسطرلاب‌مانند یافت شده متعلق به بیش از ۲هزار سال پیش در یونان است). اما آن‌چه مسلم است، رونق و پیش‌رفت بی‌نظیری است که این ابزار در تمدن اسلامی پیدا کرد و محاسبات آن پیچیده‌تر و دقت آن افزون‌تر شد. اسطرلاب شامل قرص‌هایی چرخان و متصل به هم است که جایگاه ستاره‌ها، سیارها، ماه و خورشید را در زمان‌های متفاوت سال نشان می‌دهد یا با نشانه‌روی به ستاره‌ای خاص، می‌توان زمان محلی را تعیین کرد.



اسطرلاب

رُبع جداری یا رُبع دیواری: ربع دیواری، که آن‌را لبنه نیز می‌نامند، یکی از ابزارهای اصلی رصدخانه‌های غیر اپتیک باستانی بود و ابزار اصلی رصدخانه‌ی مراغه نیز به‌شمار می‌رفت. این ابزار کمانی برابر یک‌چهارم دایره است. بر اساس نوشته‌های یکی از منجمان رصدخانه‌ی مراغه، شعاع دایره‌ی ربع دیواری مراغه حدود ۲۵ متر بود. این ربع دایره منطبق بر نصف‌النهار ناظر، در امتداد شمال ـ جنوب قرار می‌گرفت و با کمک ابزارهای جنبی این امکان فراهم می‌آمد که بتوان مختصات ستاره را هنگام عبور از نصف‌النهار ناظر به‌دقت ثبت کرد.

ذات‌الحلق: ذات‌الحلق، ابزاری شامل حلقه‌هایی درون هم است که علاوه بر امکان ثبت موقعیت ستاره‌ها، دستگاهی برای تبدیل مختصات سماوی نیز هست و در رصدخانه‌ی مراغه یکی از اصلی‌ترین ابزارهایی به‌شمار می‌رفت که در کنار دیگر ابزارها مانند حلقه‌ی انقلابین، حلقه‌ی اعتدالین، ذات‌الربعین، ذات‌الثقبتین و... کارآیی داشت.

جانتار مانتار

جانتار مانتارها یا رصدخانه‌های باستانی، در نقاط گوناگون هندوستان بنا شده‌اند و هنوز آثار آن‌ها باقی است. این مجموعه بناهای نجومی، برای کاربردهای گوناگون و بیش‌تر جهت محاسبه‌ی تاریخ و زمان و هم‌چنین اختربینی ساخته شده بودند. یکی از معروف‌ترین جانتار مانتارها، که در اصل یانترا ماندیر تلفظ می‌شود، به‌همت مهاراجه جای‌سینگ دوم در جِیپور بنا شد. این بنای متعلق به قرن هجدهم میلادی، ۱۴ ابزار سنگی بزرگ برای رصد سیاره‌ها، پیش‌بینی گرفت‌ها و تعیین زمان و تقویم داشت که با معماری ویژه‌ای در یک مجموعه گرد آمده بود. با آن‌که این رصدخانه‌ها در دوره‌ی اختراع تلسکوپ ساخته شدند، کماکان از سبک رصدخانه‌های پیش از تلسکوپ و ابزارهایی مانند ابزارهای رصدخانه‌ی مراغه پیروی می‌کردند.



رصدخانه‌ی تاریخی جانتار مانتار در دهلی، هند

رصدخانه‌ی تیکو

در قرن شانزدهم میلادی، فردریک دوم، پادشاه دانمارک و نروژ، هزینه‌ی ساخت دو مجموعه‌ی علمی را در اختیار تیکو براهه، اخترشناس بزرگ دانمارکی، گذاشت: رصدخانه‌هایی به نام اورانیبورگ و استیرنبورگ که در جزیره وِن بنا شد. این رصدخانه‌ها نیز از رصدخانه‌های دوره‌ی اسلامی الگو گرفتند و مهم‌ترین ابزار آن‌ها یک رُبع جِداری دقیق و عظیم بود. بعدها تیکو به پراگ بازگشت و با پشتیبانی شاه رودلف دوم، رصدخانه‌ای در ۵۰ کیلومتری این شهر بنا کرد. اما بیش‌تر رصدهای اصلی تیکو در جزیره‌ی وِن صورت گرفت و این رصدها سنگ بنایی شد تا در سال‌های بعد، دستیار او، کپلر، بر مبنای آن‌ها قوانین حرکت سیاره‌ها را مشخص کند.



رصدخانه‌ی تیکو براهه در جزیره‌ی وِن بر مبنای برخی ابزارهای رصدخانه‌ی مراغه ساخته شد.



اختراع تلسکوپ و پس از آن

با وجود نظریات دانشمندانی چون راجر بیکن در قرن سیزدهم میلادی، که در آن فکر استفاده از ترکیبی از عدسی‌ها برای دیدن جرم‌های دورتر مطرح شد، به‌نظر می‌رسد باید نخستین کسی را که موفق به ساخت تلسکوپی واقعی شد، هانس لیپرشِی عینک‌ساز آلمانی دانست که این کار را در سال ۱۶۰۸ به انجام رساند. اخبار این اختراع به‌سرعت پراکنده شد و گالیله گزارش‌های آن‌را در سفری، که یک سال بعد به ونیز رفت، شنید. گالیله تلسکوپ دست‌ساز خود را در سال ۱۶۰۹ ساخت و نخستین منجمی شد که با تلسکوپ آسمان را کاوید.



تلسکوپ غول‌پیکر ۱/۸ متری در قلعه‌ی محل زندگی لرد راس

تلسکوپ لُرد راس: ویلیام پارسون یا لُرد راس سوم (۱۸۶۷ ـ ۱۸۰۰) یکی از اشراف ثروت‌مند دوره‌ی خود بود. بلندپروازی‌هایش، او را به سمت ساخت تلسکوپ بازتابی غول‌پیکری سوق داد که حتی از تلسکوپ ویلیام هرشل معروف نیز، که چند دهه پیش‌تر اورانوس را کشف کرد، بزرگ‌تر باشد. او در سال ۱۸۴۵، در ایالت زیر حاکمیت خود در ایرلند و قلعه‌ی بیر، تلسکوپی ساخت که آینه‌ای به قطر ۱/۸ متر با فاصله‌ی کانونی حدود ۱۶/۵ متر داشت.

مونت ویلسون: پس از شکست در ساخت تلسکوپ‌های غول‌پیکر شکستی به سبب مشکلات عدسی‌های بزرگ، تلسکوپ‌های بازتابی بزرگ روزبه‌روز بهتر شدند. در سال‌های آغازین قرن بیستم، جرج اِلری هیل، رؤیای خود را برای ساخت بزرگ‌ترین تلسکوپ‌های جهان با حمایت دوست‌داران علم و منجمان دیگر، عملی کرد و تلسکوپی ۱/۵ متری در یکی از بهترین رصدگاه‌های ایالات متحده، کوه ویلسون نزدیک سواحل اقیانوس آرام در کالیفرنیا، ساخته شد. ساخت تلسکوپ ۲/۵ متری مونت ویلسون حدود یک دهه طول کشید و تا پیش از ساخت تلکسوپ ۵ متری پالومار به‌سرپرستی خود هیل، سال‌ها بزرگ‌ترین تلسکوپ جهان بود. تلسکوپ‌های بزرگ در مونت ویلسون، دانش اخترشناسی را متحول کردند. ادوین هابل (۱۹۵۳ ـ ۱۸۷۷)، پیش از آن‌که به اخترشناسی علاقه‌مند شود، حقوق‌دان بود و در سال ۱۹۱۹ به مونت ویلسون رفت. در سال ۱۹۲۳، نخستین ستاره‌ی متغیر قیفاووسی را در «سحابی مسلسله یا آندرومدا» (M۳۱) کشف کرد و با یافتن تعداد بیش‌تری از این متغیرها، موفق شد نخستین بار در تاریخ، یکتا نبودن کهکشان راه شیری را ثابت کند. بسیاری از جرم‌هایی که پیش از هابل، سحابی و جرم‌های متعلق به راه شیری دانسته می‌شدند، کهکشان‌هایی مستقل و دوردست بودند. در دهه‌ی ۱۹۲۰، هابل متوجه دور شدن اغلب کهکشان‌ها از راه شیری شد و رابطه‌ی میان سرعت فرار کهکشان‌ها و فاصله‌ی آن‌ها از ما را یافت، که امروزه به قانون هابل مشهور است. این دو موضوع در سال‌های بعد نشان داد که کیهان در حال انبساط است و این فرضیه که از نقطه‌ی اولیه‌ای به نام مِهبانگ آغاز شده است. هابل روشی نیز برای طبقه‌بندی کهکشان‌ها ارائه داد که هنوز هم کاربرد دارد.



صف مردم لس‌آنجلس که برای رصد آسمان با بزرگ‌ترین تلسکوپ جهان در اوایل قرن بیستم به کوهستان ویلسون رفته بودند.



مشاهده‌ی کیهان

اخترشناسی، از دوره‌ای که چیزی جز چشم و ابزارهای ابتدایی سنجش برای مشاهده‌ی آسمان شب وجود نداشت، تا امروز که از تمام علوم و یافته‌های فن‌آورانه‌ی قرن بیست‌ویکم برای شناخت کیهان استفاده می‌شود، راه درازی طی کرده است.

اخترشناسی، برخلاف شیمی، فیزیک یا زیست‌شناسی، علمی با موضوعات دم‌دستی نیست؛ بدین معنی که اخترشناسان نمی‌توانند روی اجسامی که بررسی می‌کنند، آزمایشی انجام دهند. البته فضاپیماهایی که به گوشه و کنار منظومه‌ی شمسی فرستاده می‌شوند، تا حدودی این موضوع را تغییر داده‌اند؛ اما ستاره‌ها و کهکشان‌ها آن‌قدر دورند که اخترشناسان آن‌ها را از همین فاصله‌ی دوردست رصد می‌کنند. البته فن‌آوری امروز، فرآیند رصد را بسیار پیش‌رفته کرده است. زمانی رصد فقط به دریافت نور مرئی از اجسام آسمانی محدود بود. اما امروزه، اخترشناسان حرفه‌ای می‌توانند از امواج رادیویی تا پرتوهای گاما را دریافت کنند که هریک بخشی از اطلاعات را درباره‌ی کیهان آشکار می‌سازند. علوم الکترونیک و رایانه نیز در جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آن‌ها انقلابی به‌وجود آورده‌اند. بنابراین، اخترشناسان امروز، در مقایسه با زمان‌های گذشته، درباره‌ی این گیتی پهناور اطلاعات بیش‌تری در اختیار دارند تا رازهای بیش‌تری از خلقت الهی را رمزگشایی کنند.

تلسکوپ فضایی هابل

بهترین تلسکوپ برای اخترشناسانی که در جست‌وجوی تصاویر فوق‌العاده واضح از اعماق کیهان‌اند، تلسکوپ فضایی هابل است. هابل، که پس از چند دهه برنامه‌ریزی در سال ۱۹۹۰/ ۱۳۶۹ به فضا پرتاب شد، رصدخانه‌ای بی‌سرنشین است. این تلسکوپ در مداری به ارتفاع حدود ۶۰۰ کیلومتر (مداری فراتر از ابرها و غبار جَوی که دید تلسکوپ‌های زمینی را محدود می‌کند) قرار گرفته است. اخترشناسان از چندین کشور، با هدایت از راه دور، از تلسکوپ هابل استفاده می‌کنند. در این تلسکوپ، مانند بیش‌تر تلسکوپ‌های جدید، آشکارسازهای حسّاس نور جای‌گزین انسانِ رصدگر در پشت چشمی تلسکوپ شده‌اند و دوربین‌های الکترونیک، تصاویر زیبایی از عالم ثبت می‌کنند.

ماهواره‌ی ردیابی و رله‌ی داده‌ها (TDRS) نقش رله‌کننده‌ی پیام‌های رادیویی میان زمین و هابل را بازی می‌کند. این ماهواره از مدار بلند خود، زمین و هابل را هم‌زمان در تیررس دارد.

رد و بدل علائم بین TDRS و زمین

آنتن پُرتوان دستورها را از زمین دریافت می‌کند و تصاویر هابل را به صورت علائم تلویزیونی به زمین می‌فرستد.

دستگاه‌های ضبط

طیف نگار تصویری (STIS) تلسکوپ فضایی نور را به طول موج‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن می‌شکند.

طیف‌نگار فرابنفش به نام **کاس** (COS) که در تعمیر چهارم هابل جای‌گزین دستگاه تصحیح اپتیک کاستار شد.

جای کاس

دوربین پیش‌رفته‌ی نقشه‌برداری (ASC) بسیار حساس است؛ اما در مقایسه با دوربین سیاره‌ای، میدان دید محدودتری دارد.

دوربین فروسرخ نزدیک و طیف‌سنج چندمنظوره (NICMOS) شامل سه آشکارساز فروسرخ است.

رایانه‌ها همه‌ی دستگاه‌های سوار بر تلسکوپ را تنظیم می‌کنند.

آینه‌ی اصلی (اولیه) به قطر ۲/۴ متر نور را جمع‌آوری و کانونی می‌کند.

حس‌گرهای هدایت ظریف روی ستاره‌های درخشان قفل می‌شوند تا از ثابت ماندن تلسکوپ و محو نشدن تصاویر اطمینان حاصل شود.

دوربین میدان دید باز و سیاره‌ای (WFC۳) دوربین اصلی برای عکس‌برداری است.

ایستگاه زمینی TDRS در نیومکزیکو، ایالات متحده، علائم را بین هابل و مرکز پروازهای فضایی گالر و ناسا ردّ و بدل می‌کند.

هابل چگونه کار می‌کند؟

هابل تلسکوپی بازتابی و بسیار شبیه تلسکوپ‌های روی زمین است. البته این تلسکوپ در فضا، باید بدون منبع زمینی برق، یا پایه‌ای که آن را به دور خودش بگرداند یا کابل‌های اتصال به رایانه‌های هدایت‌کننده کار کند. در عوض، هابل حامل ابزارهایی از آن نوع است که بر بسیاری از ماهواره‌ها یافت می‌شود: مانند صفحه‌های خورشیدی برای تأمین انرژی و توان الکتریکی، چرخ‌هایی به نام ژیروسکوپ برای جهت‌گیری سریع و دقیق و آنتن‌های رادیویی برای برقراری ارتباط با زمین.



دریافت تصاویر هابل از سحابی رتیل.

شناسنامه‌ی هابل

پرتاب	۲۵ آوریل ۱۹۹۰
آینه‌ی اصلی	به قطر ۲/۴ متر
آینه‌ی ثانویه	به قطر ۰/۳۴ متر
طول	۱۳/۱ متر
قطر	۴/۳ متر
صفحه‌های خورشیدی	۲/۴ × ۱۲/۱ متر
جِرم	۱۱/۱ تُن
ارتفاع مدار	۶۰۰ کیلومتر
دوره‌ی تناوب مدار	۹۶ دقیقه
سرعت در مدار	۲۷۷۰۰ کیلومتر بر ساعت
طول عمر پیش‌بینی شده	۱۵ سال (افزایش یافته است)
هزینه (در زمان پرتاب)	۱/۵ میلیارد دلار

هدایت از روی زمین

اتاق هدایت مأموریت هابل در مرکز پروازهای فضایی گادِرد ناسا در مریلند (ایالات متحده) است. جایی که مهندسان پیوسته با این فضاپیما در ارتباط‌اند و سلامت آن‌را زیر نظر دارند. این مهندسان بین تلسکوپ در مدار و اخترشناسان مؤسسه‌ی علوم تلسکوپ فضایی در بالتیمور، شهری نزدیک به مرکز گادرد، که رصدهای تلسکوپ را برنامه‌ریزی می‌کنند ارتباط برقرار می‌کنند.

آینه‌ی معیوب

نخستین تصاویری که اخترشناسان از هابل دریافت کردند، با آن‌که از هر تلسکوپ زمینی بهتر بود، چندان واضح نبود. متخصصان ناسا دریافتند که آینه‌ی تلسکوپ، با کمی خطا ساخته شده و تورفتگی لبه‌ی خارجی آینه ۰/۰۰۲ میلی‌متر کم است.

هنگام پرتاب، سایه‌بانِ تلسکوپ را حفاظت می‌کرد و اکنون از خراب شدن تصاویر به دلیل نور شدید خورشید جلوگیری می‌کند.

ژیروسکوپ‌ها هابل را به سوی ستاره‌ها و دیگر اهداف در فضا نشانه می‌روند.

مغناطیس‌سنج، حرکت هابل را به درون میدان مغناطیسی زمین حس می‌کند.

میله‌ی اطراف تلسکوپ برای فضانوردان.

آینه‌ی ثانویه درون لوله‌ی تلسکوپ محافظت می‌شود.

نور از آینه‌ی اصلی به آینه‌ی ثانویه بازتاب می‌شود و سپس به دوربین‌ها و دیگر آشکارسازهای پشت آینه‌ی اصلی می‌رسد.

آنتن پیش‌رفته‌ی دوم

صفحه‌های خورشیدی با تبدیل نور خورشید به برق، نیروی تلسکوپ را تأمین می‌کنند.

تصویر کهکشان M۱۰۰ با تلسکوپ زمینی.



تصویر هابل از کهکشان M۱۰۰



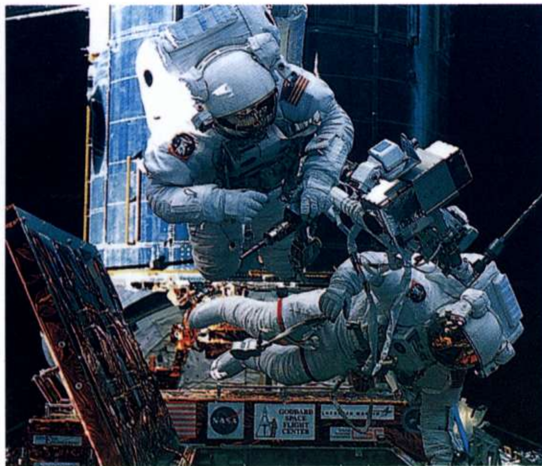
مزایای هابل

تلسکوپ‌هایی که کیهان را از روی زمین می‌نگرند، باید از میان جَو آشفته‌ی زمین به بالا خیره شوند و جَو پیوسته نور و تصویر ستاره‌ها و کهکشان‌ها را منحرف و آشفته می‌کند؛ درست مثل این‌که از میان آب‌های آشفته در استخری شلوغ، به اطرافتان نگاه کنید. به همین سبب است که به نظر می‌رسد ستاره‌ها چشمک می‌زنند. هابل، از قرارگاهش بر فراز جَو، دید روشن و واضحی از همه چیز در کیهان دارد؛ از سیارات نزدیک تا اختروش‌هایی در فاصله‌ی میلیاردها سال نوری از ما.

مأموریت‌های تعمیر

در حالی‌که شاتل فضایی دیسکاوری، هابل را محکم با بازوی روبوتی خود نگه‌داشته بود، فضانوردان شاتل، استیون اسمیت و مارک لی، تلسکوپ را در مدار تعمیر کردند. هابل نیز، مانند هر ابزار دیگری، به رسیدگی منظم احتیاج دارد. در نخستین مأموریت تعمیر، در سال ۱۳۷۲/۱۹۹۳، فضانوردان برای تصحیح و وضوح تصاویر، که به سبب خطایی در آینه‌ی اصلی از دست رفته و موجب ناواضحی تصاویر هابل شده بود، عدسی‌های تصحیح‌کننده‌ای نصب کردند. عملکرد این عدسی‌ها مانند لنزهای طبّی است که به جای عینک از آن‌ها استفاده می‌شود.

در فوریه‌ی سال ۱۹۹۷/ بهمن ۱۳۷۵ دومین مأموریت تعمیر، بخش اول تعمیر سوم در دسامبر ۱۹۹۹/ آذر ۱۳۷۸ و بخش دوم تعمیر سوم در مارس ۲۰۰۲/ اسفند ۱۳۸۰ انجام شد. در این مأموریت‌ها، باتری‌ها و صفحه‌های خورشیدی، ژیروسکوپ‌ها، رایانه‌ها، قطعات فنی، دوربین‌ها و آشکارساز تلسکوپ، تعمیر یا جای‌گزین شد. اما پس از انفجار شاتل فضایی کلمبیا در سال ۱۳۸۱/۲۰۰۳، تعمیر چهارم هابل عقب افتاد. با آن‌که چند ژیروسکوپ و دوربین اصلی (ACS) هابل از کار افتاده بود، سرانجام در ماه مه ۲۰۰۹/ اردیبهشت ۱۳۸۸، آخرین تعمیر انجام شد و تلسکوپ جان تازه‌ای گرفت. در مأموریت بزرگ تعمیر چهارم، علاوه بر تعویض باتری‌ها و ژیروسکوپ‌ها، دوربین میدان دید باز شماره‌ی ۳ و طیف‌نگار جدید منشأ کیهانی نصب و دو آشکارساز مهم هابل نیز تعمیر شد. با این تغییرات، هابل دست کم تا سال ۱۳۹۳/۲۰۱۴ به‌طور کامل فعالیت خواهد کرد.



دومین مأموریت تعمیر هابل در سال ۱۳۷۶/۱۹۹۷.

شاهکارهای هابل



برخی از مشهورترین نماهای کیهان از دریچه‌ی دید تلسکوپ هابل

از زمان پرتاب هابل، نزدیک به یک میلیون مشاهده‌ی علمی با این تلسکوپ انجام شده است. در نتیجه، حدود ۵هزار مقاله در معتبرترین نشریه‌های تخصصی اخترشناسی و فیزیک و شمار بسیار بیش‌تری مقاله در گردهم‌آیی‌های بین‌المللی اخترشناسی منتشر شده است. اخترشناسان، در سراسر دنیا، از داده‌های این تلسکوپ بهره برده‌اند. دیگر آثار بزرگ هابل بر اخترشناسی چنین است: بررسی تحول انواع کهکشان‌ها و برخورد میان آن‌ها؛ سیاه‌چاله‌های اَبَرپُرجرم مرکز کهکشان‌ها و فوران‌های عظیم ذرات از آن‌ها؛ کشف نشانه‌های وجود سیاه‌چاله‌های میانْ‌وزن در مرکز خوشه‌های کروی؛ شناخت سحابی‌های سیاره‌نما؛ شناخت بازمانده‌های انفجار ابرنواختری، از جمله تصویربرداری پیاپی از تحول سحابی ابرنواختر ۱۹۸۷ A در ابر بزرگ ماژلان؛ شناخت قرص‌های غباری سیاره‌ساز در اطراف ستاره‌های جوان؛ کشف‌های متعدد در زمینه‌ی سیاره‌های فراخورشیدی؛ کشف کوتوله‌های قهوه‌ای؛ تصویربرداری مستقیم از چند سیاره‌ی فراخورشیدی احتمالی، نخستین بار در تاریخ اخترشناسی؛ رصد تکه‌تکه شدن دو دنباله‌دار لی ینیر و شواسمان ـ واخمان۳ در هنگام عبور از نزدیکی خورشید؛ رصدهای دقیق مریخ و تمام سیاره‌های گازی، مشاهده و تأیید کشف خرده‌سیاره‌های دوردست بزرگ در کمربند کویی‌پر و ورای آن. در این میان، یکی از بزرگ‌ترین یافته‌های هابل، تخمین دقیق سن کیهان (۱۳/۷ میلیارد سال) با سنجش شتاب انبساط کیهان به کمک فاصله‌سنجی دقیق از روش مشاهده‌ی ستاره‌های متغیر قیفاووسی در کهکشان‌های گوناگون و هم‌چنین رصد انفجارهای ستاره‌ای یا ابرنواختر در کهکشان‌های دور و نزدیک بوده است.

سحابی سیاره‌نمای پروانه، پایان زندگی یک ستاره‌ی خورشیدمانند است.



نسل آینده‌ی تلسکوپ فضایی

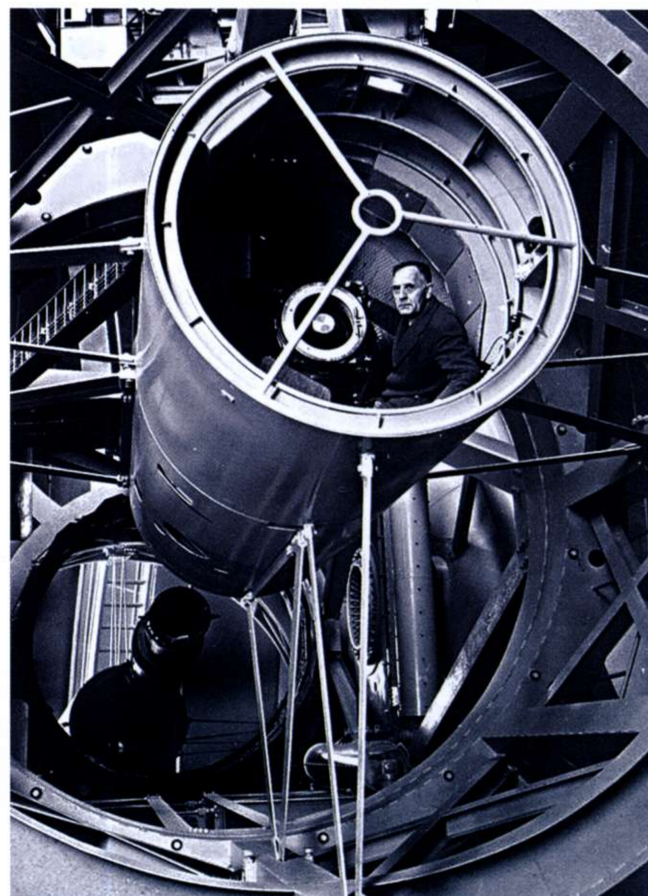
در سال ۲۰۱۴/۱۳۹۳، اخترشناسان ناسا تلسکوپ فضایی جیمز وب را با آینه‌ای به قطر حدود ۶ متر (۲/۵ برابر آینه‌ی هابل) و توانایی شگفت‌انگیز در کاوش کیهان در نور فروسرخ، به فضا می‌فرستند. این تلسکوپ در فاصله‌ی بیش از یک میلیون کیلومتری زمین در یکی از نقاط تعادل لاگرانژی مدار زمین ـ خورشید قرار می‌گیرد تا هیچ تابش گرمایی مزاحمی از زمین در نگاه فروسرخ آن به کیهان اثر نگذارد. این تلسکوپ اجرامی بارها کم‌نورتر و جزییات بسیار کوچک‌تر از توان هابل را ثبت خواهد کرد؛ از جمله دورترین کهکشان‌های کیهان که نور آن‌ها مربوط به زمان تولد نخستین کهکشان‌هاست. با انجام‌شدن تعمیر چهارم هابل، این تلسکوپ نیز دست کم تا پس از شروع کار تلسکوپ وب در فضا فعال خواهد بود.

تیزبین‌تر از همیشه

پس از آخرین تعمیر هابل در سال ۲۰۰۹ / ۱۳۸۸ (در ۱۹ سالگی آن)، توانایی و عمق دید این تلسکوپ، افزایش بسیار یافته است. آشکارسازهایی که چند سال از کار افتاده بودند، زنده شدند. دوربین جدید سیاره‌ای هم، در مقایسه با هم‌تای قبلی خود، ۳۵ بار توانایی رصد بیش‌تری دارد. به‌علاوه، طیف‌نگار کاس در نور فرابنفش، بسیار حساس‌تر از ابزارهای پیشین است. یکی از اولین شاهکارهای هابل پس از تعمیر، تصویری از سحابی پروانه است که دوربین سیاره‌ای تهیه کرده است. این سحابی سیاره‌نما پایان زندگی ستاره‌ای مانند خورشید را نشان می‌دهد. گاز بیرونی ستاره، که با سرعت حدود یک میلیون کیلومتر بر ساعت به فضا می‌گریزد، از تابش هسته‌ی داغ ستاره گرم شده است و می‌درخشد. سحابی پروانه با نام فهرست‌شده‌ی NGC۶۳۰۲ در فاصله‌ی ۳۸۰۰ سال نوری از ما و در امتداد صورت فلکی عقرب قرار دارد.

هابل به نام کیست؟

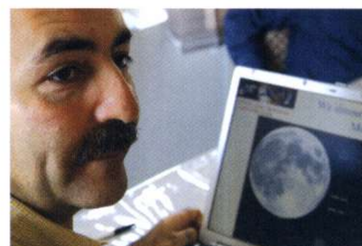
ادوین هابل در دو دهه‌ی نخست قرن بیستم، به کمک تلسکوپ‌های رصدخانه‌ی مونت ویلسون در کالیفرنیا، که بزرگ‌ترین چشمان اخترشناسی دنیا بودند، وجود کهکشان‌هایی به‌جز راه شیری را کشف کرد. سپس به گریز کهکشان‌ها از هم و انبساط کیهان پی برد. چون رشته‌ی اخترشناسی در فهرست جایزه‌ی نوبل قرار نداشت، هابل هرگز موفق به دریافت جایزه‌ی نوبل نشد. اما یک تلسکوپ فضایی بی‌نظیر نام او را جاودانه کرد.



ادوین هابل در محفظه‌ی آینه‌ی ثانویه‌ی تلسکوپ غول‌پیکر مونت پالومار

چشم‌های ایرانی هابل

یکی از دانشمندان همکار مؤسسه‌ی تلسکوپ فضایی، مرکز اصلی برنامه‌ریزی و تحلیل داده‌های تلسکوپ هابل و تلسکوپ آینده‌ی فضایی، دکتر بهرام مبشر، کیهان‌شناس ایرانی، است. او سال ۱۳۳۷ در تهران به‌دنیا آمد و پژوهش‌گری نام‌دار در شناخت تحول کهکشان‌ها و شکل‌گیری آن‌ها در دوران ابتدایی کیهان است. بیش‌تر مشاهده‌های او برای کاوش دوردست‌های کیهان، با تلسکوپ هابل انجام می‌شود. کشف برخی از دورترین کهکشان‌های شناخته‌شده‌ی کیهان از دست‌آوردهای گروه اوست.



بیش‌تر بدانیم

تاریخچه‌ی فعالیت‌های تلسکوپ هابل

• اخترشناس آمریکایی، لیمان اسپیتزر (۱۹۱۴-۱۹۹۷)، نخستین بار در سال ۱۳۲۵/۱۹۴۶ ساخت رصدخانه‌ای فرازمینی را پیشنهاد کرد.

• ناسا در سال ۱۳۵۶/۱۹۷۷ ساخت هابل را آغاز کرد.

• شاتل فضایی در سال ۱۳۶۹/۱۹۹۰ هابل را در مدار قرار داد.

• اخترشناسان خیلی زود دریافتند که آینه‌ی اصلی، کمی با خطا ساخته شده است، اما رایانه‌ها می‌توانستند بخشی از این خطا را تصحیح کنند.

• درسال ۱۳۷۱/۱۹۹۲، هابل شواهدی از وجود سیاه‌چاله‌ای پُرجرم را در کهکشان M87 یافت.



• مأموریت تعمیر در سال ۱۳۷۲/۱۹۹۳ دید هابل را تصحیح کرد.

• در سال ۱۳۷۳/۱۹۹۴، هابل برخورد دنباله‌دار شومیکر - لویِ۹ با مشتری را ثبت کرد.

• در سال ۱۳۷۴/۱۹۹۵، هابل از تولد ستاره‌ها در سحابی عقاب عکس‌برداری کرد. هم‌چنین تصویری از دورترین کهکشان‌ها، تا ۱۰ میلیارد سال نوری دورتر، تهیه کرد.

• در سال ۱۳۷۶/۱۹۹۷، دوربین فروسرخ جدیدی به هابل اضافه شد. سپس هابل مکان‌های فرود فضاپیمای مریخ‌نورد ناسا را بررسی کرد و توفان‌های غبار روی مریخ را به تصویر کشید.

• در سال ۱۳۷۸/۱۹۹۹، هابل کهکشانی را با فوران‌گر پرتو گاما کشف کرد. این یکی از قدرت‌مندترین انفجارهای کیهانی است که تا به حال رصد شده است.

• در سال ۱۳۸۰/۲۰۰۱، هابل از سحابی‌های پیراستاره‌ای بسیار جوان در اطراف ستاره‌های نوزاد در سحابی جبار تصویر گرفت که نشان‌دهنده‌ی پیدایش منظومه‌های سیاره‌ای به دور این ستاره‌هاست.

• در سال ۱۳۸۱/۲۰۰۲، دوربین پیش‌رفته‌ی نقشه‌برداری هابل (ACS) در بخش دوم مأموریت سوم تعمیر هابل نصب شد. این دوربین تا ۵ سال بعد فعال ماند و پس از تعمیر چهارم در سال ۱۳۸۸ دوباره آماده شد.

• در سال ۱۳۸۲/۲۰۰۳، هابل نشانه‌ی انبساط شتاب‌دار کیهان را با رصد اَبَرنواختری در کهکشان بسیار دور یافت. این نخستین نشانه‌ی قوی رصدی از وجود انرژی تاریک بود. در این سال، هابل سیاره‌ی فراخورشیدی را یافت که به سبب نزدیکی بسیار به ستاره‌ی مادر، جوِ آن در حال تبخیر است. در داده‌های هابل، نخستین بار ترکیبات تشکیل‌دهنده‌ی جوِ یک سیاره‌ی فراخورشیدی شناخته شد.

• در سال ۱۳۸۳/۲۰۰۴، هابل پس از مدت‌ها عکس‌برداری از ناحیه‌ای کوچک در آسمان، عمیق‌ترین تصویر از کیهان را با هزاران کهکشان دوردست ارائه داد که به نام تصویر فراژرف هابل (UDF) شناخته شد.

• در سال ۱۳۸۴/۲۰۰۵، دو قمر و دو حلقه‌ی بیرونی جدید در تصاویر تلسکوپ هابل از سیاره‌ی اورانوس کشف شد.

• در سال ۱۳۸۵/۲۰۰۶، دو قمر کوچک جدید در تصاویر هابل از پلوتون کشف شد. در همان سال تلسکوپ هابل در همکاری با داده‌های تلسکوپ پرتو ایکس چاندرا نشانه‌ی قطعی از وجود ماده‌ی تاریک و توزیع کهکشانی دقیق آن‌را در خوشه‌ی کهکشانی «گلوله» یافت.

• در سال ۱۳۸۶/۲۰۰۷، نخستین نقشه‌ی سه بُعدی از توزیع ماده‌ی تاریک بین‌کهکشانی براساس داده‌های هابل ارائه شد. تلسکوپ هابل از وجود اثر شتاب‌دهنده‌ی انرژی تاریک در دوران جوانی کیهان، نشانه‌هایی قوی یافت.

• در سال ۱۳۸۷/۲۰۰۸، شمار بسیاری از سراب‌های کیهانی در تصاویر عمیق هابل کشف شد که کهکشان‌هایی با شکل‌های آشفته و کمان‌مانند حاصل از انحراف یا هم‌گرایی نور آن‌ها بر اثر عبور از کنار کهکشان‌هایی در مسیر رسیدن به زمین بود. به این لنزهای کیهانی عدسی‌های گرانش گفته می‌شود که به آشکارسازی کهکشان‌های بسیار کم‌فروغ دوردست کمک می‌کنند.

• در سال ۱۳۸۸/۲۰۰۹، آخرین تعمیر هابل در مأموریت فضایی بسیار دشواری، با موفقیت انجام شد و نخستین تصویر آن پس از تعمیر، لکه‌ای بر مشتری بود که از برخورد دنباله‌داری کوچک با این سیاره به‌وجود آمده بود.

تلسکوپ چگونه کار می‌کند؟

جمع‌آوری نور از آسمان کماکان منبع اصلی دریافت اطلاعات از کیهان برای اخترشناسان است. بیش‌تر اجرام آسمانی، به استثنای ماه و خورشید، دور و نسبتاً کم فروغ‌اند. تلسکوپ تا حدّ ممکن نور جمع‌آوری می‌کند؛ هرچه نور بیش‌تری جمع‌آوری کند، اطلاعات بیش‌تری فراهم آورده است. به همین سبب، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های تلسکوپ، قطر دهانه‌ی آن است. دو نوع تلسکوپ وجود دارد: بازتابی‌ها با استفاده از آینه و شکستی‌ها با استفاده از عدسی نور را جمع می‌کنند. بیش‌تر تلسکوپ‌های حرفه‌ای امروزی بازتابی‌هایی با آینه‌های چند متری‌اند که بر فراز قله‌ی کوه‌ها، بالاتر از آشفتگی‌های حاصل از حرکت هوا در لایه‌های پایینی جَو، قرار گرفته‌اند.

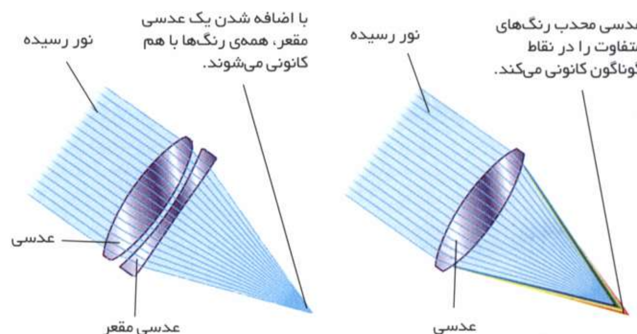
تلسکوپ‌های بازتابی

بازتابی‌ها، مانند تلسکوپ جمینی (تصویر مقابل)، نور را با آینه‌ی مقعر عظیمی دریافت می‌کنند و پس از آن امکان دارد تصویر به کمک آینه یا آینه‌های ثانویه، به هر بخش تلسکوپ بازتاب شود. بنابراین، لازم نیست تجهیزات سوار بر تلسکوپ متحرک باشند و بر وزن آن بیفزایند. آینه‌ها نور را به این آشکارسازها می‌رسانند. بازتابی‌ها در مقایسه با شکستی‌ها، دو مزیت اصلی دارند: نور را با آینه جمع‌آوری می‌کنند؛ بنابراین، خطای رنگی (تجزیه‌ی نور ستاره به طیفی از رنگ‌ها) رخ نمی‌دهد و چون آینه، برخلاف تلسکوپ‌های شکستی، در انتهای بدنه‌ی تلسکوپ نصب و از پشت سر پشتیبانی می‌شود، حدی برای اندازه‌ی تلسکوپ وجود ندارد. آینه‌ها را می‌توان بسیار نازک‌تر و سبک‌تر ساخت. به‌همین سبب، قطر بزرگ‌ترین تلسکوپ بازتابی ساخته شده در جهان بیش از ۱۰ برابر قطر بزرگ‌ترین تلسکوپ شکستی است.

تلسکوپ‌های شکستی

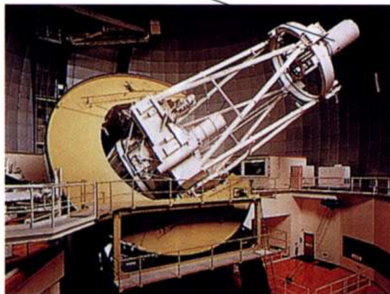
شکستی‌ها نور را با عدسی دریافت می‌کنند که تصویر را بر صفحه‌ی عکاسی یا آشکارساز الکترونیک نور کانونی می‌کند. شکستی‌ها برای رصد اجرام درخشان، مفید و مناسب‌اند؛ اما شیشه‌ی ضخیم عدسی، نور ارزش‌مند اجرام کم‌سوتر را جذب می‌کند. عدسی هم‌چنین رنگ‌های گوناگون نور را در نقاط متفاوت کانونی می‌کند و سبب بروز خطای رنگی می‌شود. این عدسی‌ها سنگین‌اند؛ عدسی‌ای به قطر بیش از یک متر تحت وزن خودش تاب برمی‌دارد و شکم می‌دهد. به سبب این مشکلات، با آن‌که تلسکوپ‌های شکستی کوچک با طراحی جدید و بدون خطای رنگی ابزار منتخب بسیاری از منجمان آماتور و عکاسان نجومی است، در رصدخانه‌های حرفه‌ای امروزی چندان به‌کار نمی‌رود.

رفع خطای رنگی با عدسی‌های ترکیبی.



تلسکوپ بازتابی AAT

تلسکوپ آنگلو ـ استرالیا (AAT)، که بر کوهستان‌های سایدینگ اسپیرینگ استرالیا نصب است، آینه‌ای به قطر ۳/۹ متر دارد. می‌توان به جای آینه‌ی ثانویه‌ی آن اتاقک عکس‌برداری قرار داد تا یک اخترشناس در درون آن به تصویربرداری مشغول شود. هم‌چنین به جای این آینه، ربوتِ طیف‌سنجی قرار می‌گیرد که با قرار دادن آن، فیبر نوری از نقاط گوناگون تصویر جداگانه طیف‌سنجی می‌کند.



تلسکوپ AAT سوار بر استقرار نعل اسبی خود.

تلسکوپ بازتابی ۸ متری جِمینی

تلسکوپ‌های دوقلوی جمینی یا دوپیکر، که در هاوایی و شیلی قرار دارند، در اختیار اخترشناسانی از هفت کشور است.

قطر آینه‌ی اصلی ۸ متر است و نور اجسامی را، که ۵۰۰ میلیون بار کم‌سوتر از حدّ دید چشم غیر مسلح‌اند، دریافت می‌کند.

آشکارسازها و تجهیزات ثبت اطلاعات پشت آینه‌ی اصلی، روی سکوی رصد قرار دارند و گاه به جای آینه‌ی ثانویه نصب می‌شوند.

محفظه آینه

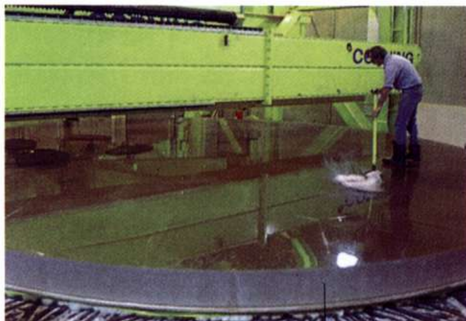
میله‌ای برای حرکت دادن تلسکوپ به بالا و پایین.

کل استقرار تلسکوپ از ساختمان رصدخانه جداست و به صورت افقی می‌چرخد.

سکوی رصد

آینه‌ها

آینه‌ی تلسکوپ‌های رصدخانه‌ای، که از سرامیک شیشه‌ای با ضریب انبساط کم (برای ثابت ماندن انحنای آن در سرما و گرما) ساخته می‌شود، بیش از یک سال صیقل داده می‌شود. سپس سطحش با ورقه‌ی نازکی از آلومینیوم پوشیده می‌شود. آینه‌ها باید کاملاً صاف و یک‌دست باشند. در غیر این صورت، نور دریافتی آشفته و تصویر محو می‌شود. مثلاً سطح آینه‌ی تلسکوپ جمینی تا دقت ۱۶ میلیاردم متر صیقل داده شده است.


آینه‌ی جمینی آن‌قدر صاف و صیقلی است که اگر این آینه‌ی ۸ متری به قطر سیاره‌ی زمین بزرگ می‌شد، ارتفاع بزرگ‌ترین برجستگی آن فقط حدود ۳۰ سانتی‌متر بود.

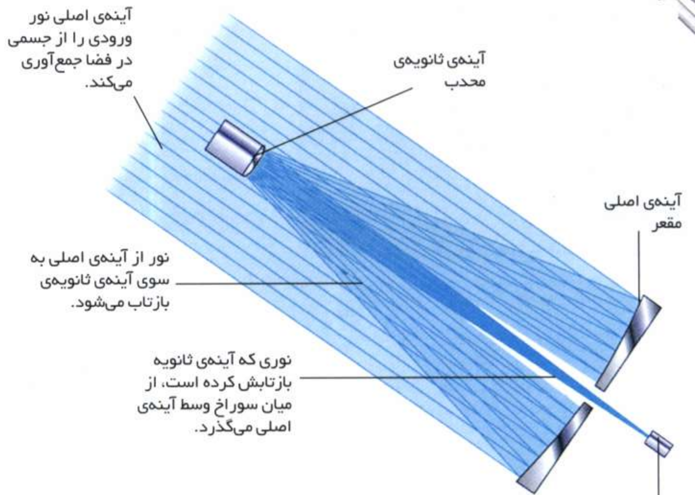


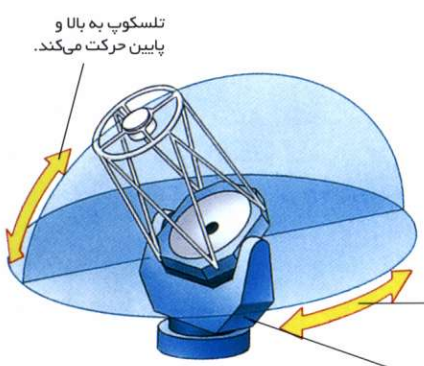
تصویر تلسکوپ اشمیت از ناحیه‌ی سحابی جبار که میدان دید آن به پهنای ظاهری ۱۲ قرص ماه کامل است.

تلسکوپ‌های بازتابی متعارف ناحیه‌ای از آسمان به قطر یک قرص ماه را می‌بینند. دو قرص ماه برابر با یک درجه در آسمان است و برای مقایسه، از افق تا درست بالای سر ۹۰ درجه است.

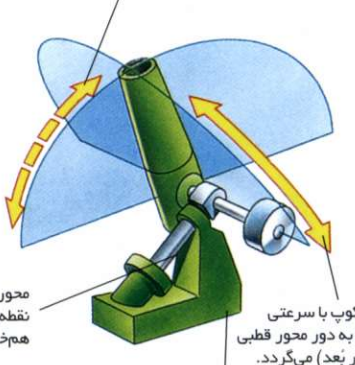
تلسکوپ اشمیت

تلسکوپ اشمیت ترکیبی از تلسکوپ بازتابی و تلسکوپ شکستی است. آینه‌ی آن نور ستاره را به صفحه‌ی عکاسی خمیده‌ای بازتاب می‌کند (در سال‌های اخیر تراشه‌های الکترونیک CCD با حساسیت و توانایی بسیار بیش‌تر جای‌گزین صفحه‌ی عکاسی شده است). روی صفحه‌ی خمیده، تصویری با زاویه‌ی باز شکل می‌گیرد؛ اما به یک عدسی تصحیح‌کننده در سر لوله‌ی تلسکوپ برای برطرف کردن اعوجاج (خطای کروی) تصویر نیاز است. تلسکوپ‌های اشمیت می‌توانند از نواحی وسیعی از آسمان تصویر تهیه کنند که برای انجام‌دادن طرح‌های نقشه‌برداری آسمان و جست‌وجو و ردیابی اجسام، مانند کشف و ردیابی خرده‌سیاره‌های جدید، مفید است.





استقرار سمت ـ ارتفاعی به تلسکوپ‌های عظیم امکان می‌دهد به صورت افقی نصب شوند و به سوی بالا یا پایین (در «ارتفاع») و اطراف (در «سمت») حرکت و ستاره‌ها را دنبال کنند.



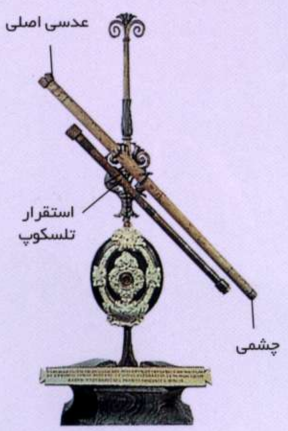
در استقرار استوایی محور استقرار به سوی قطب آسمان (شمال یا جنوب که به نیم‌کره بستگی دارد) نشانه می‌رود. تلسکوپ برای دنبال کردن ستاره‌ها، در حالی که حول نقطه‌ی قطب می‌گردد، گرد محور می‌چرخد.

استقرارها

استقرار تلسکوپ تقریباً به اندازه‌ی آینه‌ی آن مهم است. استقرار باید وزن تلسکوپ را تحمل کند و تلسکوپ را، هم‌زمان با چرخش زمین به دور محور خود، بچرخاند. در غیر این صورت، اجسام حین رصد از میدان دید تلسکوپ خارج می‌شوند. دو نوع اصلی استقرار وجود دارد: اِستوایی و سَمت ـ ارتفاعی. نوع سَمت ـ ارتفاعی استقرار اصلی تلسکوپ‌های حرفه‌ای امروزی است. هدایت رایانه‌ای پیوسته به تلسکوپ‌های غول‌پیکر، مانند جمینی، اجازه می‌دهد مسیر اجرام را حین حرکاتشان در آسمان دنبال کنند.

نخستین شکستی

• گالیله مخترع تلسکوپ نبود و مدتی پیش از او، اولین دوربین‌ها ساخته شده بود اما نخستین فردی بود که از این وسیله برای کاوش آسمان استفاده کرد. تلسکوپ‌های دست‌ساز او، که بزرگ‌ترین تلسکوپ‌های جهان در آن دوره بودند، قدرتی بیش‌تر از یک تلسکوپ اسباب‌بازی امروزی نداشتند. اما گالیله با همان‌ها، گودال‌های ماه، چهار قمر بزرگ مشتری و ماهیت ستاره‌ای راه شیری را کشف کرد.



نخستین بازتابی

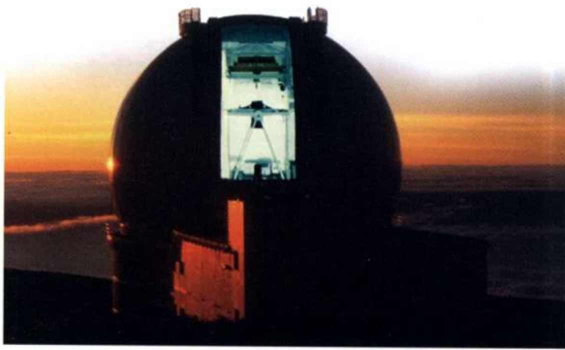
• ایزاک نیوتن، که پیش‌گام شماری از زمینه‌های علم به‌شمار می‌رود، نخستین فردی بود که به بررسی تجزیه‌ی نور و شکل‌گیری طیف از طریق منشور پرداخت. او نتیجه گرفت که عدسی‌ها همواره تصاویری با تجزیه و خطای رنگی ایجاد می‌کنند. از این‌رو، به طراحی تلسکوپی پرداخت که به جای عدسی، در آن برای گردآوری نور، از آینه استفاده می‌شد. تلسکوپ بازتابی او، که در سال ۱۶۶۸ ساخته شد، آینه‌ای فلزی داشت که به جای شیشه، از مس، قلع و آرسنیک (زرنیخ) ساخته شده بود.



بیش‌تر بدانیم

طرح‌های جدید و بزرگ‌ترین رصدخانه‌های جهان ۲۲
تحلیل نور ۲۴
تابش‌هایی از فضا ۲۶
زمین چرخان ۲۶۲
تلسکوپ‌های شکستی ۲۹۰
تلسکوپ‌های بازتابی ۲۹۲

رصدخانه‌ها


یکی از تلسکوپ‌های بزرگ رصدخانه‌ی لاپالما

تلسکوپ‌های بزرگ در مکانی ثابت نصب می‌شوند. برای حفاظت از تلسکوپ و دستگاه‌های آشکارساز، آن‌ها را درون ساختمانی قرار می‌دهند که اغلب به صورت گنبدی دوّار و بزرگ است. شکاف باز و بسته‌شونده‌ای در گنبد، پنجره‌ای است که تلسکوپ از آن به آسمان می‌نگرد. این ساختمان محافظ تلسکوپ و ابزارها از گرما و تابش خورشید در روز، گرد و غبار، برف و باران است. از سوی دیگر، سبب کاهش نور مزاحم محیط بر تلسکوپ و دستگاه‌های حساس رصدخانه می‌شود. به سبب حرکت تلسکوپ در پیمایش کره‌ی آسمان، فضایی گنبدی انتخاب مناسبی است. گنبد نیز با حرکت آرام تلسکوپ به دنبال ستاره‌ها و اجرام سماوی جابه‌جا می‌شود. با وجود این، در برخی تلسکوپ‌های بزرگ جدید، ساختمان‌های غیر کروی نیز به جای گنبدهای «سنتی» در رصدخانه‌ها ساخته شده‌اند. گنبدها، از هر نوع که باشند، پوششی سفید یا بسیار بازتاب‌کننده دارند تا گرمای روز را جذب نکنند و در شب پس ندهند و در شب به سرعت با محیط اطراف هم‌دما شوند.

مکان رصدخانه

تلسکوپ‌ها را در جایی نصب می‌کنند که دور از آشفتگی‌های جوّی، رطوبت یا غبار زیاد، نور و آلودگی شهرهای بزرگ باشد. چنین مکانی معمولاً بر فراز کوه‌های مرتفع مُشرف به بیابان‌های پَست یا مُشرف به اقیانوس‌ها پیدا می‌شود. در رصدگاه‌های مطلوب، باید شب‌های بسیاری از سال هوا صاف و آرام باشد و تلسکوپ بر فراز آشفتگی جوّی قرارگرفته باشد تا وضوح تصویر جرم‌های آسمان به حدّ مطلوب برسد. هم‌چنین رصدگاه باید از نورهای مزاحم شهر بسیار دور باشد. گاه انتخاب رصدگاه مطلوب با توجه به جغرافیا، زمین‌شناسی، اقلیم، تاریکی و شفافیت آسمان محل چند سال طول می‌کشد. بهترین رصدگاه‌های شناخته شده‌ی جهان، کوهستان ۴هزار متری موناکی در جزایر هاوایی و مُشرف به اقیانوس آرام، کوهستان‌های مرتفع در صحرای آتاکامای شیلی و ارتفاعات جزیره‌ی لاپالما در مجموعه‌جزایر قناری در اقیانوس اطلس است.


اخترشناسان همراه با آلبرت اینشتین در مقابل تلسکوپ شکستی یک متری یِرکز در ایالات متحده؛ آخرین تلسکوپ شکستی غول‌پیکر در دنیای نجوم.

درون گنبد رصدخانه

برخلاف تلسکوپ‌های آماتور، که می‌توان با آن‌ها به تماشای مستقیم آسمان پرداخت، در تلسکوپ‌های رصدخانه‌ای فقط آشکارسازهای پیش‌رفته‌ای مانند دوربین‌های سی‌سی‌دی و طیف‌سنج‌ها به آسمان «نگاه» می‌کنند. این ابزارهای بزرگ در یکی از کانون‌های این تلسکوپ‌ها نصب می‌شوند یا نور به سمت آن‌ها هدایت می‌گردد. اتاقی در کنار تلسکوپ محل کار متصدی تلسکوپ است. او درخواست‌های اخترشناسان را به تلسکوپ وارد می‌کند. اخترشناسان، که از دانشگاه‌ها و مراکز علمی به محل رصدخانه آمده‌اند، اغلب با ساختار و کاربرد تلسکوپ آشنا نیستند. آن‌ها فقط در اتاق تحقیقات در رصدخانه‌ها تصاویر و داده‌های مورد نیاز را دریافت می‌کنند. در هر رصدخانه، همکارانی مانند متصدی، مهندسان و متخصصان دستگاه‌ها، اخترشناسان تمام‌وقت دستیار (برای مشاوره، رفع مشکلات اخترشناسان مهمان و انجام‌دادن تحقیقات بلندمدت) و نیروهای خدمات وجود دارند. به‌علاوه، گروهی علمی از استادان، برنامه‌ریزی‌های علمی رصدخانه را بر اساس درخواست‌های پژوهشی رسیده زمان‌بندی می‌کنند.

نخستین رصدخانه‌ها در عصر تلسکوپ

در دهه‌ی ۱۶۷۰ میلادی، رصدخانه‌ی پاریس نخستین رصدخانه‌ی مجهز به تلسکوپ در جهان بود. پیش از عصر تلسکوپ، رصدخانه‌های تاریخی بسیاری مانند رصدخانه‌ی بزرگ مراغه ساخته شده بود. رصدخانه‌ی پاریس کار خود را با مدیریت جووانی کاسینی، اخترشناس مشهور ایتالیایی، شروع کرد. تلسکوپ‌های شکستی با لوله‌های بسیار بلند بر بام ساختمان رصدخانه قرار می‌گرفت و گنبدی در کار نبود. در سده‌ی نوزدهم، با افزایش ساخت تلسکوپ‌های بازتابی بزرگ به جای تلسکوپ‌های شکستی (به سبب ساخت ساده‌تر و نتیجه‌ی کم‌خطاتر و کاربردی‌تر)، تلسکوپ‌هایی با آینه‌هایی به بزرگی ۱/۵ و ۱/۸ متر نیز در انگلستان و ایرلند ساخته شد. اما هیچ‌کدام در ساختمانی مانند رصدخانه‌های امروزی قرار نگرفت. در اوایل قرن بیستم، به کوشش جورج اِلِری هِیل، رصدخانه‌های بزرگی در کالیفرنیا در غرب ایالات متحده، ساخته شد که تحولات مهمی در اخترشناسی به‌وجود آورد. تلسکوپ‌های ۱/۵ و سپس ۲/۵ متری رصدخانه‌ی مونت ویلسون و در دهه‌ی ۱۹۴۰ تلسکوپ ۵ متری هِیل در رصدخانه‌ی مونت پالومار، رکورد بزرگ‌ترین رصدخانه‌های جهان را شکستند. در اوایل قرن بیستم، هِیل آغازگر ساخت نخستین رصدخانه‌های خورشیدی به شکل برج‌های بلند در مونت ویلسون بود. در این برج‌ها، آینه‌های اصلی در ارتفاع چند ده متری از زمین نور را به سمت آشکارسازها در پایه‌ی برج کانونی می‌کنند.


ارتفاعات جزیره‌ی لاپالما در مجمع‌الجزایر قناری واقع در اقیانوس اطلس، محل برخی از بزرگ‌ترین رصدخانه‌های جهان است.


تلسکوپ ۵۰ سانتی‌متری رصدخانه‌ی دانشگاه شیراز



رصدخانه‌های ربوتی

با آن‌که تمام تلسکوپ‌های جدید به صورت غیردستی و با رایانه هدایت می‌شوند، برخی تلسکوپ‌ها توانایی آن را دارند که هزاران کیلومتر دورتر و بدون نیاز به نیروی انسانی تمام‌وقت، کاملاً ربوتی و هوش‌مند، به کاوش آسمان بپردازند. این تلسکوپ‌ها به همراه گنبد و آشکارسازهای خود، از طریق اینترنت هدایت می‌شوند. با افزایش چنین تلسکوپ‌هایی در جهان، اخترشناسان کمتری برای مشاهدات خود به محل رصدخانه‌ها در قله‌های بلند و دوردست سفر خواهند کرد؛ زیرا می‌توانند از دفتر کار خود تلسکوپ را هدایت کنند و به مشاهده‌ی آسمان بپردازند. امروزه چنین تلسکوپ‌هایی حتی برای استفاده‌ی دانش‌آموزان نیز وجود دارد.



رصدخانه بدون گنبد

بسیاری از منجمان آماتور و مراکز نجوم آماتوری در جهان، که تصمیم می‌گیرند تلسکوپ خود را در محلی مناسب ثابت کنند، به جای ساخت گنبدی پُرهزینه، آن را به سادگی درون اتاقکی با سقف کشویی قرار می‌دهند. با کنار رفتن سقف، تمام آسمان در برابر آن‌ها پیداست. این روش، مناسب جایی است که نور مستقیم مزاحمی در اطراف نباشد.

رصدخانه‌ی ملی ایران

اخترشناسان حرفه‌ای ایران در انتظار ساخت تلسکوپ بزرگی در ایران‌اند که برای تحقیقات به‌روز اخترشناسی قابل استفاده باشد. در حال حاضر، قطر آینه‌ی بزرگ‌ترین تلسکوپ ایران از حدود نیم متر بیش‌تر نیست؛ اما طرح رصدخانه‌ی ملی، تلسکوپی به قطر حدود ۳ متر است که بزرگ‌ترین تلسکوپ منطقه خواهد شد. این تلسکوپ، با توجه به توانایی هدایت روبوتی، آشکارسازها و ساختار اُپتیک جدید، در کنار تلسکوپ‌های غول‌پیکر جهان، تلسکوپی توانا خواهد شد و علاوه بر رفع نیاز شماری از تحقیقات داخلی، در طرح‌های بین‌المللی با حضور شبکه‌ای از تلسکوپ‌ها همکاری خواهد کرد. طرح رصدخانه‌ی ملی ایران در اوایل دهه‌ی ۱۳۸۰ شمسی آغاز شد. این طرح با مدیریت کیهان‌شناس ایرانی، دکتر رضا منصوری، در پژوهش‌گاه دانش‌های بنیادی (IPM) با مشاوره‌ی علمی جمعی از اخترشناسان پیش می‌رود. قرار است تلسکوپ آن، که با همکاری متخصصان ایرانی طراحی می‌شود، در اوایل دهه‌ی ۱۳۹۰ شمسی، نخستین نور خود را دریافت کند. برای مکان‌یابی رصدخانه‌ی ملی ایران گروه‌های رصدگر با ابزارهای دقیق چندین سال در کوهستان‌های منتخب به ثبت داده‌های مورد نیاز پرداختند تا از بین چهار رصدگاه مطلوب در استان‌های کرمان، خراسان، اصفهان و قم، قله‌ی مرتفعی در نزدیکی کاشان انتخاب شد. این کار تحقیقاتی پُرمشقّت نشان داد که نه فقط رصدگاه‌های بسیار تاریکی در ایران وجود دارد (که در خطر جدّی گسترش شهرها و آلودگی نوری‌اند)، بلکه کشور ما دارای مکان‌های مناسبی با آشفتگی جوّی کم و دید نجومی مطلوب برای ساخت تلسکوپ‌های بزرگ‌تر در آینده است.

رصدخانه‌های ایران

تا زمستان ۱۳۸۸، بیش از ۳۰ رصدخانه در ایران برای کاربری آموزشی، تفریحی و تحقیقاتی ساخته شده است که بیش‌تر آن‌ها به دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی تعلق دارد و برخی نیز متعلق به مراکز عمومی، انجمن‌ها و مراکز نجوم است یا برای استفاده‌ی شخصی ساخته شده است. این رصدخانه‌ها شامل تلسکوپ‌هایی با اندازه‌ی ۲۰ تا ۶۰ سانتی‌مترند. بزرگ‌ترین تلسکوپ‌های بازتابی ایران تلسکوپ ۶۰ سانتی‌متری رصدخانه‌ی خواجه نصیرالدین توسی متعلق به دانشگاه تبریز و تلسکوپ ۵۰ سانتی‌متری رصدخانه‌ی ابوریحان بیرونی متعلق به دانشگاه شیراز است. بزرگ‌ترین تلسکوپ شکستی نیز تلسکوپ ۱۸ سانتی‌متری رصدخانه‌ی ری متعلق به مرکز نجوم در آستان مقدس حضرت عبدالعظیم(ع) است. با تلسکوپ‌های رصدخانه‌ای ایران می‌توان فعالیت‌های آموزشی، آماتوری و عمومی بسیاری انجام داد؛ اما تلسکوپ مورد نیاز پژوهش‌های روز اخترشناسان حرفه‌ای، تلسکوپ‌های بسیار بزرگ‌تری با امکانات جدید و در مکانی مناسب به دور از نور شهر است.

دکتر رضا منصوری، مدیر طرح رصدخانه‌ی ملی ایران



قله‌ای مرتفع در حوالی کاشان، مکان رصدخانه‌ی ملی ایران است.

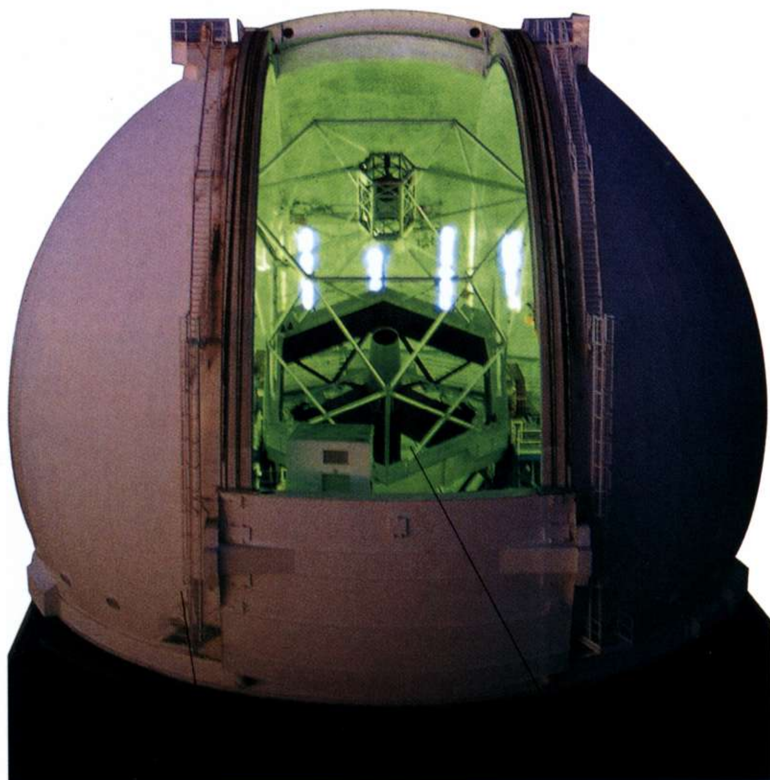


بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ چگونه کار می‌کند؟ ۱۸
طرح‌های جدید و بزرگ‌ترین رصدخانه‌های جهان ۲۲

طرح‌های جدید و بزرگ‌ترین رصدخانه‌های جهان

هرچه آینه‌ی تلسکوپ بزرگ‌تر باشد، نور بیش‌تری جمع و جزییات بیش‌تری رصد می‌شود. اما آینه‌هایی با قطر بیش از ۸ متر محدودیت‌هایی دارند. محدودیت اول، جوّ است: حتی تصویر یک آینه‌ی غول‌پیکر نیز، به سبب جبهه‌های دائماً در حال حرکت هوا در جوّ، آشفته می‌شود. محدودیت دوم اندازه‌ی تلسکوپ است: هرچه آینه‌ی تلسکوپ بزرگ‌تر باشد، حمل و نقل، و کار با آن مشکل‌تر است. در جدیدترین مدل‌های تلسکوپ‌های زمینی، راه‌حل‌های مبتکرانه‌ای برای مقابله با این محدودیت‌ها در نظر گرفته شده است.



گنبدها، با ارتفاع ۳۰ متر، تلسکوپ‌های کِک را حفاظت می‌کنند. وزن خود تلسکوپ‌ها ۲۷۰ تُن است و ارتفاعشان به اندازه‌ی ساختمانی ۸ طبقه است. آن‌ها بر قاب‌های سبکی سوارند که با وجود فراهم آوردن قدرت لازم برای نگه‌داری تلسکوپ، وزن و هزینه را کاهش می‌دهند.

محوطه‌ی جمع‌آوری نور در کِک ۱۷ برابر تلسکوپ فضایی هابل است. دید هابل به سبب دوری از جوّ زمین، بسیار واضح‌تر است؛ اما تلسکوپ‌های کِک اجرام کم‌نورتر و دورتری می‌بینند.

تلسکوپ‌های کِک

تلسکوپ‌های دوقلوی کِک بر قله‌ی ۴۲۰۰ متری موناکی در هاوایی، برفراز ابرها و بخار آب موجود در لایه‌های پایینی جوّ قرار دارند. قطر آینه‌ی اصلی هر یک از این دو تلسکوپ ۱۰ متر و محوطه‌ی جمع‌کننده‌ی نور در آن‌ها، نصف مساحت یک زمین تنیس است. آینه‌ی تکی به این ابعاد، زیر فشار وزن خود خمیده می‌شود. به همین سبب، هر یک از این آینه‌ها از ۳۶ تکه آینه‌ی شش ضلعی ساخته شده‌اند. وزن هر تکه ۴۰۰ کیلوگرم، عرض آن ۱/۸ متر و ضخامتش فقط ۷/۷ سانتی‌متر است.



اُپتیک‌های فعال

نخستین آینه‌ی چند تکه در دنیا، که بر تلسکوپ کِک استوار است، در سال ۱۳۷۱/۱۹۹۲ تکمیل شد. هر دو تلسکوپ کِک از دستگاه اُپتیک فعال، برای خنثی کردن آشفتگی‌های حاصل از وزن آینه‌ها یا باد، استفاده می‌کنند. آینه‌ها روی پیستون‌هایی قرار دارند که با فشار، جهت آینه‌ها را تا دقت بسیار زیادی تنظیم می‌کنند. یک رایانه آینه‌ها را از طریق این پیستون‌ها هدایت می‌کند؛ یعنی هر قطعه‌ی سازنده‌ی آینه را دوبار در ثانیه با دقتی هزار بار ظریف‌تر از موی انسان تنظیم می‌کند. در نتیجه، این ۳۶ قطعه هم‌چون صفحه‌ی شیشه‌ای یک‌دست و واحدی عمل می‌کنند.

قدرت‌مندترین تلسکوپ‌های جهان

نام	قطر	موقعیت	توضیحات
تلسکوپ بسیار بزرگ (VLT)	۸/۲ × ۴ متر	شیلی	گردآوری نور برابر با آینه ۱۶/۴ متر
تلسکوپ دوچشمی بزرگ (LBT)	۸/۴ × ۲ متر	ایالات متحده	گردآوری نور برابر با آینه ۱۱/۸ متر
تلسکوپ بزرگ جزایر قناری (GTC)	۱۰/۴ متر	جزایر قناری	با آینه چند تکه مانند تلسکوپ‌های کک
تلسکوپ بزرگ آفریقای جنوبی (SALT)	۱۱ متر	آفریقای جنوبی	با محور ارتفاع ثابت و قطر مفید ۹/۸متر
هابی ـ اِبرلی	۱۱ متر	ایالات متحده	با محور ارتفاع ثابت و قطر مفید ۹/۲متر
کِک۱	۱۰ متر	هاوایی	نخستین آینه‌ی چند تکه
کِک۲	۱۰ متر	هاوایی	دوقلوی کِک ۱
سوبارو	۸/۳ متر	هاوایی	متعلق به ژاپن
جِمینی شمالی	۸/۱ متر	هاوایی	
جِمینی جنوبی	۸/۱ متر	شیلی	
تلسکوپ چند آینه‌ای (MMT)	۶/۵ متر	ایالات متحده	پیش‌تر آینه‌ای ۶ تکه داشت.
ماژلان I	۵/۶ متر	شیلی	
ماژلان II	۵/۶ متر	شیلی	
BTA	۶ متر	روسیه	نخستین تلسکوپ سمت ـ ارتفاعی بزرگ
هِیل	۵ متر	ایالات متحده	بزرگ‌ترین تلسکوپ دنیا از ۱۹۴۸ تا ۱۹۷۹
ویلیام هرشل	۴/۲ متر	جزایر قناری	انگلستان / هلند / اسپانیا
لاموست (رصدخانه نجومی پکن)	۴/۲ متر	چین	تلسکوپ بزرگ چین
سِروتولولو (معروف به بلانکو)	۴ متر	شیلی	
آنگلو ـ استرالیایی	۳/۹ متر	استرالیا	انگلستان / استرالیا
مایال	۳/۸ متر	ایالات متحده	تلسکوپ بزرگ رصدخانه‌ی کیت پیک
CFHT	۳/۶ متر	هاوایی	تلسکوپ کانادا، فرانسه، هاوایی



تلسکوپ بسیار بزرگ

بزرگ‌ترین تلسکوپ جهان آرایه‌ای از تلسکوپ‌های بسیار بزرگ (VLT) رصدخانه‌ی جنوبی اروپا در شیلی است. این مجموعه شامل چهار تلسکوپ ۸/۲ متری، هر یک یک میلیارد بار قدرت‌مندتر از چشم غیرمسلح است. تلسکوپ‌های VLT، که با رایانه‌ای قدرت‌مند به هم متصل‌اند، به اندازه‌ی آینه‌ی یک‌تکه‌ای به قطر ۱۶/۴ متر نور جمع‌آوری می‌کنند. اگر قدرت آن‌ها با سه تلسکوپ ۱/۸ متری دیگر در همان مکان ترکیب شود، قدرت دیدن جزییات بسیاری ریزتری را نیز پیدا می‌کنند؛ قدرتی که از نظر تئوری برای تشخیص فضانوردان روی ماه کافی است. آرایه چهارتایی این تلسکوپ‌ها در اوایل دهه‌ی ۲۰۱۰ میلادی آغاز به کار می‌کند.

تلسکوپ نوری با دهانه‌ی تلفیقی در کمبریج.

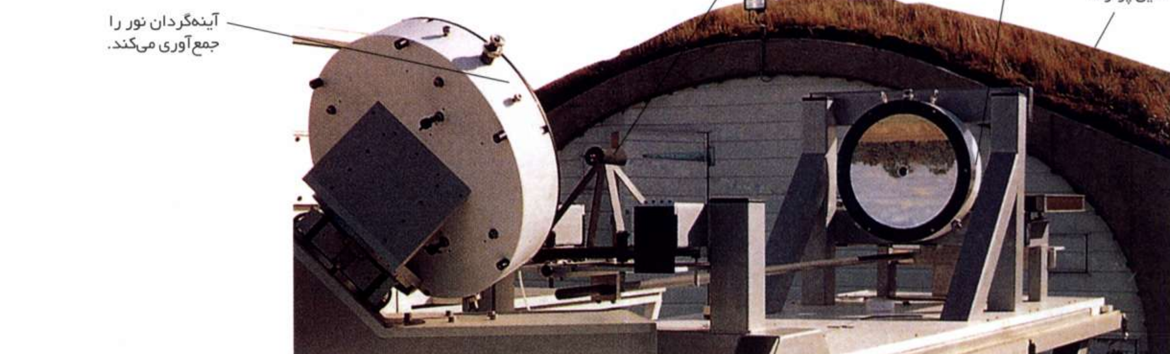
آینه‌ی کانونی کننده — نور ستاره — دوربین — آینه‌های متحرک — ساختمان تلفیق پرتوها — نور از میان لوله‌های آلومینیومی می‌گذرد. — آینه‌ی گردان

تلفیق نوری

پنج تلسکوپ کوچک، هریک با آینه‌ای به قطر ۴۰ سانتی‌متر، آرایه‌ی تداخل‌سنج کمبریج را می‌سازد که نمونه‌ای از چندین مجموعه تلسکوپ ترکیبی در جهان است. ساختار این مجموعه بر پایه‌ی تداخل‌سنج‌های نجوم رادیویی است؛ اما در نور مرئی. تلسکوپ‌ها در فاصله‌ی ۱۰۰ متر پراکنده‌اند و به‌طور نظری، توان تفکیکی برابر آینه‌ای ۱۰۰ متری دارند؛ به‌طوری که بتوان شماره‌ی پلاک یک خودرو را از هزار کیلومتری خواند. اما میزان گردآوری نور آن‌ها بسیار کمتر از چنین آینه‌ی بزرگی است.

بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ فضایی هابل ۱۴
تلسکوپ چگونه کار می‌کند؟ ۱۸
تحلیل نور ۲۴
اخترشناسی رادیویی ۳۰




فرستادن پرتو لیزر به آسمان نیومکزیکو.

اپتیک تطبیقی

به سبب حرکت دائمی جوّ، دید ما از ستاره‌ها همواره آشفته می‌شود. زیرا نور ستاره‌ها در عبور از جوّ بارها می‌شکند، تغییر جهت می‌یابد و تصویر هر جرم آسمانی از پس این لایه‌ی آشفته محو می‌شود. در اُپتیک تطبیقی، پرتو لیزری قدرت‌مند، در لایه‌های بالایی جوّ و در امتداد مکان ستاره‌ی مورد رصد، یک ستاره‌ی مصنوعی به‌وجود می‌آورد. رایانه‌ای قدرت‌مند، چگونگی آشفته شدن نور ستاره‌ی مصنوعی را در گذر از جوّ بررسی می‌کند. این رایانه صدها بار در هر لحظه، آینه‌ی انعطاف‌پذیری را به گونه‌ای تنظیم می‌کند که پرتوهای جبهه‌ی نور، پیش از رسیدن به کانون، همان‌طور که پیش از عبور از جوّ بودند، کاملاً موازی شوند. به این ترتیب، تمام تصاویری را که تلسکوپ می‌بیند، واضح می‌کند. البته این روش بسیار زمان‌گیر است و هنوز به اندازه‌ی تلسکوپ‌های فضایی نتیجه‌بخش نیست.

بزرگ‌ترین تلسکوپ‌ها

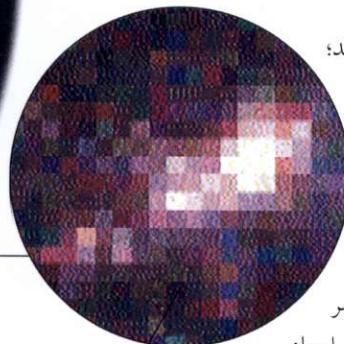
- در سال ۱۹۴۸ میلادی، ایالات متحده تلسکوپ ۵ متری هیل را بر کوهستان مونت پالومار کالیفرنیا تکمیل کرد که مقام «بزرگ‌ترین» را از تلسکوپ «۱۰۰ اینچی» یا ۲/۵ متری مونت ویلسون ربود. این تلسکوپ در سال ۱۹۱۷ ساخته شده بود. هیل داده‌ها را بر صفحه‌های عکاسی جمع‌آوری می‌کرد.
- از سال ۱۹۷۵ تا اواخر دهه‌ی ۱۹۸۰، چند تلسکوپ ۴ متری ساخته شد. با آن‌که این تلسکوپ‌ها از هیل کوچک‌تر بودند، در آن‌ها از آشکارسازهای الکترونیک حساس‌تری استفاده می‌شد.
- در سال ۱۹۷۶، روسیه تلسکوپ ۶ متری زیلین چوکسکایا (BTA) را برای رصدخانه‌ی اخترفیزیکی در کوهستان قفقاز ساخت. این نخستین تلسکوپ عظیم جهان با استقرار سمت ـ ارتفاعی بود؛ اما اپتیک تلسکوپ مشکلاتی داشت.
- تلسکوپ ۱۰ متری کک در سال ۱۹۹۲ کامل شد. این نخستین تلسکوپ در رده‌ی ۱۰ متری‌هاست که در آن از گشودگی زیاد دهانه استفاده شده است تا از بازده آشکارسازهای الکترونیک امروزی بهره ببرد.
- تلسکوپ بسیار بزرگ شامل چهار تلسکوپ ۸ متری است که از اوایل دهه‌ی ۲۰۱۰ چهار تلسکوپ به صورت آرایه‌ای واحد نیز، که برابر با تلسکوپی به قطر ۱۶/۴ متر است، کار خواهند کرد.
- تلسکوپ بزرگ آفریقای جنوبی (SALT) در سال ۲۰۰۵ کامل شد. آینه‌ی این تلسکوپ به قطر ۹/۸ × ۱۱ متر شامل ۹ قطعه‌ی شش‌ضلعی است و با توجه به شکل آینه و محور ارتفاع ثابت تلسکوپ، قطر مفید آینه ۹/۸ متر است.
- تلسکوپ دوچشمی بزرگ (LBT) در مونت‌گراهام آریزونا (ایالات متحده) شامل دو آینه‌ی ۸/۴ متری کنار هم و روی یک پایه است که در سال ۲۰۰۷ کامل شد و با توان گردآوری نوری تلسکوپی ۱۱/۹ متری و توان تفکیک تلسکوپی ۲۳ متری به آسمان چشم می‌گشاید.
- تلسکوپ بزرگ جزایر قناری (GTC) با آینه چند تکه ۱۰/۴ متری در سال ۲۰۰۸ به آسمان چشم گشود.
- **طرح‌های آینده:** فن‌آوری ساخت آینه‌های سبک و آینه‌های غول‌پیکر چندتکه، آینده‌ی شگفتی را از اخترشناسی رسم می‌کنند. اکنون رؤیای اخترشناسان، تلسکوپ‌های بسیار بزرگ‌تر است. طرح تلسکوپ غول‌پیکر ماژلان (GMT) با ۷ آینه‌ی ۸/۴ متری (۶ آینه در اطراف و یکی در وسط) نخستین نمونه از این غول‌های آینده است که احتمالاً در سال ۲۰۱۸ کامل خواهد شد. قطر این تلسکوپ ۲۴/۵ متر خواهد بود و احتمالاً در شیلی نصب می‌شود. تلسکوپ فوق بزرگ (ELT) یا تلسکوپ غول‌پیکر بعدی را با آینه‌ی ۴۲ متری چندتکه، اروپایی‌ها می‌سازند که احتمالاً تا پایان دهه‌ی ۲۰۱۰ میلادی کامل خواهد شد.

تحلیل نور

چشم انسان به حدّ کافی برای آشکارسازی نورهای کم فروغ مناسب نیست و سنجش‌های دقیق سماوی نیز با آن امکان‌پذیر نیست. به همین سبب اخترشناسان حرفه‌ای به‌ندرت از درون تلسکوپ نگاه می‌کنند. در عوض، تلسکوپ‌ها نور اجسامی چون ستاره‌ها، سحابی‌ها یا کهکشان‌ها را به کمک دوربین‌های الکترونیک حسّاسی ثبت می‌کنند. اگر جسم بسیار کم نور باشد، این دوربین‌ها از آن عکس‌هایی با نوردهی‌های چند دقیقه تا چند ساعتی می‌گیرند و در این مدت، نور کافی از آن جسم بر آشکارساز جمع می‌شود. طیف‌نگارها نور را به طول موج‌های گوناگون تشکیل‌دهنده‌ی آن می‌شکنند تا شدت هر یک را مشخص کنند و به دنبال اطلاعات فیزیکی و شیمیایی جسم در طیف نور آن بگردند؛ رایانه‌ها نتیجه را تحلیل می‌کنند تا میزان گرمای جسم و ترکیبات آن را نشان دهند. این دو ابزار، تا آخرین نکته‌ی اطلاعات را از نور سیاره، ستاره یا کهکشان می‌گیرند. باورنکردنی است که این همه اطلاعات از فیزیک و شیمی اجرام سماوی در باریکه‌ای از نور آن‌ها نهفته است.

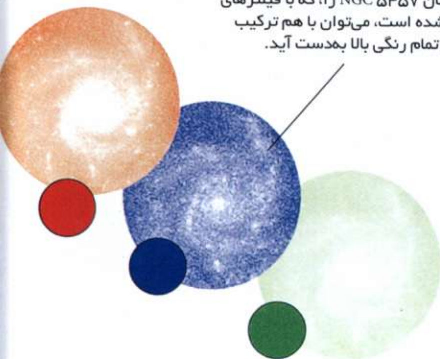
تراشه‌های حسّاس به نور

تصاویر خیره‌کننده‌ی کهکشان‌ها، شبیه عکس یک‌دستی به نظر می‌رسند؛ اما در حقیقت، از دانه‌های مربع شکلی به نام پیکسل، هم‌چون تصویر صفحه‌ی تلویزیون یا نمایشگر رایانه، تشکیل شده‌اند. این تصاویر را به کمک دوربین‌های الکترونیک می‌گیرند که یک تراشه‌ی رایانه‌ای حسّاس به نور به نام ابزار مزدوج‌کننده‌ی بار الکتریکی (CCD)دارند. CCDها بسیار حسّاس‌تر از صفحه‌های عکاسی‌اند: در نوردهی ۲ دقیقه‌ای با CCD جزییاتی به کم‌سویی جزییات نوردهی یک ساعته با فیلم عکاسی ظاهر می‌شود. بسیاری از کارشناسان، تحولی را که CCDها در علم اخترشناسی ایجاد کرده‌اند، با تحول ورود تلسکوپ به دنیای نجوم مقایسه می‌کنند. در حالی‌که چشم انسان یا فیلم‌های عکاسی عادی فقط چند درصد از فوتون‌های نوری را ثبت می‌کند، دوربین‌های CCD چنان حسّاس‌اند که اغلب بیش از ۷۰درصد از فوتون‌های نور را آشکار می‌کنند. در نتیجه، پژوهش‌های بسیار بیش‌تری در زمان کوتاه‌تری و به صورت کامل‌تری انجام می‌شود.



اگر تصویر CCD را بزرگ کنیم به مربع‌های رنگی یا پیکسل، تقسیم می‌شود و نشان می‌دهد که تصویری دیجیتالی است.

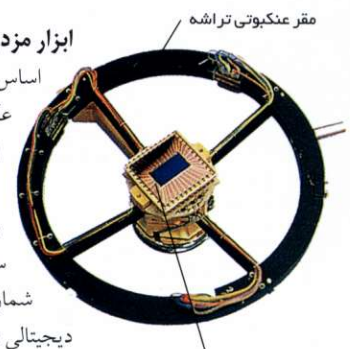
تصویر CCD از کهکشان مارپیچی NGC ۵۴۵۷



تصاویر کهکشان NGC ۵۴۵۷ را، که با فیلترهای رنگی گرفته شده است، می‌توان با هم ترکیب کرد تا تصویر تمام رنگی بالا به‌دست آید.

ابزار مزدوج‌کننده‌ی بار الکتریکی (CCD)

اساس دوربین‌های فیلم‌برداری خانگی و بسیاری از دوربین‌های تلویزیونی و دوربین‌های عکاسی دیجیتالی، CCD است. CCD تراشه‌ی سیلیکونی نازکی با سطح حسّاس به نور است که به هزاران یا میلیون‌ها پیکسل مربعی (اجزای سازنده‌ی تصویر) تقسیم شده است. وقتی نور به پیکسل می‌رسد، بار الکتریکی تولید می‌شود: هرچه نور بیش‌تر باشد، بار بزرگ‌تر است. در پایان زمان نوردهی، مدارهایی الکتریکی که پشت تراشه ساخته شده‌اند، بارهای رهاشده و مکان مربوط به آن‌ها را ردیف به ردیف می‌خوانند و شمارش می‌کنند. سپس آمار را به رایانه‌ی متصل به CCD می‌فرستند تا به صورت تصویر دیجیتالی در آن ذخیره شود.

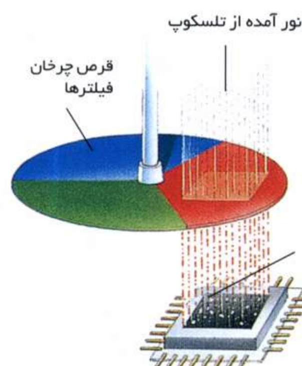


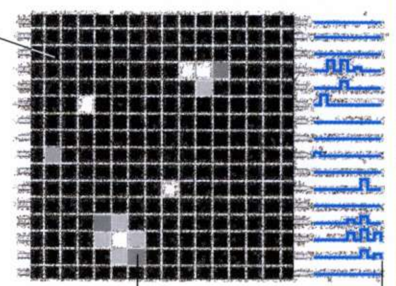
CDD نصب شده بر یک تلسکوپ شامل ۵۲۴،۲۸۸ پیکسل بر تراشه‌ای به اندازه‌ی یک تمبر پستی است.

رنگی دیدن

CCDها فقط سیاه و سفید می‌بینند؛ اما رنگ، اطلاعات ارزش‌مندی هم‌چون دمای ستاره‌ها، در اختیار ما می‌گذارد. اخترشناسان، برای به‌دست‌آوردن تصویری تمام رنگی، از جسم مورد نظر چندین بار با فیلترهای رنگی عکس می‌گیرند. سپس این تصاویر را با هم ترکیب می‌کنند.

همه‌ی اخترشناسان از فیلترهای رنگی یکسان سبز، آبی و قرمز استفاده می‌کنند. به این ترتیب، مقایسه‌ی تصاویر گرفته شده با تلسکوپ‌های متفاوت، ساده‌تر می‌شود.

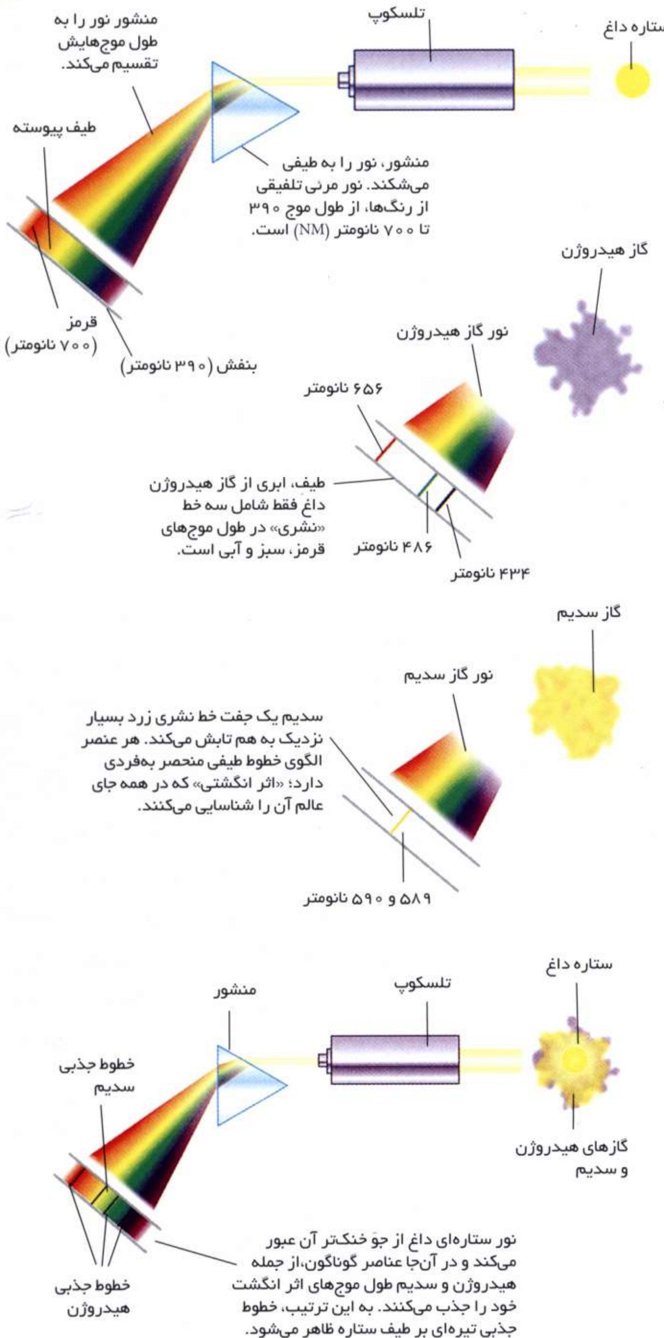




کهکشان NGC ۵۴۵۷ آن‌قدر کم‌فروغ است که چشم انسان از درون تلسکوپ فقط درخشان‌ترین بخش‌های آن را می‌بیند.

طیف‌سنجی

نور ترکیبی از طول موج‌های گوناگون است که هر یک با رنگ متفاوتی متناظر است. کوتاه‌ترین طول موج‌های نور مرئی، بنفش و بلندترین آن‌ها قرمز است. اخترشناسان برای طیف‌سنجی، از منشور یا توری پراش (صفحه‌ای شیشه‌ای که بر سطحش هزاران خط بسیار نزدیک و متقاطع حکاکی شده است)، جهت شکستن نور به طیفی از رنگ‌ها استفاده می‌کنند. وقتی طیف اجرام آسمان گرفته می‌شود، خطوط تیره یا روشنی در طول موج‌های گوناگون دیده می‌شوند که طیف را قطع کرده‌اند. به خطوط تیره، جذبی و به خطوط روشن، نَشری می‌گویند. قدرت طیف‌سنجی در تحلیل این خطوط نهفته است تا عناصر موجود در جسم آسمانی و میزان حرارت آن را مشخص کند.





رایانه‌ها در اخترشناسی

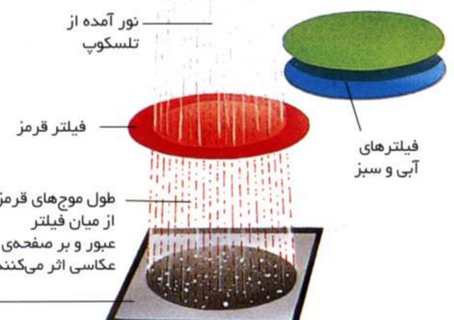
رایانه‌ها کار رسیدگی به داده‌های نجومی را به‌عهده گرفته‌اند. امروزه بیش‌تر داده‌ها، مانند خروجی CCDها و طیف‌نگارها، به صورت دیجیتالی به‌دست می‌آیند و تحلیل آن‌ها با رایانه کار ساده‌ای است. از رایانه برای پردازش تصاویر و برجسته‌سازی برخی جزییات مطلوب تصویر نیز استفاده می‌شود. به‌علاوه، با رایانه‌ها می‌توان در صفحه‌های عکاسی، به دنبال موضوعات گوناگون گشت. به این ترتیب، ساعت‌ها در وقت اخترشناسان صرفه‌جویی می‌شود.



▲ تلسکوپ انلگو ـ استرالیایی پیش از تسلط CCDها، برخی از زیباترین عکس‌های نجومی را بر صفحه‌های عکاسی، که در کانون آن قرار می‌گرفت، ثبت می‌کرد. اکنون آرایه‌ای از CCDها جای‌گزین این صفحه‌ها شده است.

صفحه‌های عکاسی

پیش از ظهور CCDها، کار اخترشناسان با صفحه‌های سیاه و سفید عکاسی پیش می‌رفت. صفحه‌های عکاسی هنوز هم برای برخی اهداف ضروری‌اند. مثلاً تلسکوپ زاویه‌باز اشمیت در هر نوردهی، میلیون‌ها ستاره و کهکشان را ثبت می‌کند؛ اما به آشکارساز نوری خمیده‌ای به طول ۳۰۰ میلی‌متر (بسیار بزرگ‌تر از CCD) نیاز دارد. می‌توان صفحه‌ی عکاسی بزرگی را آن‌قدر خمیده کرد تا بر کانون تلسکوپ اشمیت منطبق شود. البته امروزه با پیش‌رفت فن‌آوری ساخت CCDها در کانون تلسکوپ‌های اشمیت بزرگ نیز آرایه‌ای از چندین CCD کنار هم و با زاویه‌ی مناسب قرار می‌گیرند.



روش جداسازی رنگ‌ها: سه صفحه‌ی عکاسی سیاه و سفید را با فیلترهای متفاوت، نور می‌دهیم. سپس آن‌ها را با کمک همان فیلترها، اما روی یک صفحه کاغذ عکاسی، چاپ می‌کنیم تا تصویری تمام‌رنگی به‌دست آید.

خطوط طیفی عناصر

عنصر	طول موج‌ها (نانومتر)		
آلومینیوم	۳۹۴	–	–
کلسیم	۳۹۳	۳۹۷	–
هلیم	۴۶۷	۵۸۸	–
هیدروژن	۴۳۴	۴۸۶	۶۵۶
آهن	۳۷۳	۳۷۵	۳۸۲
منیزیم	۳۸۳	۳۸۴	۵۱۸
نیتروژن	۶۵۵	۶۵۸	–
اکسیژن	۵۰۱	۶۳۰	–
سیلیکون	۳۹۰	–	–
سدیم	۵۸۹	۵۹۰	–

بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ چگونه کار می‌کند؟ ۱۸، تابش‌هایی از فضا ۲۶
اندازه‌های ستاره‌ها ۱۸۲، ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸

تابش‌هایی از فضا

در اواخر قرن بیستم، ابداعی به اهمیت اختراع تلسکوپ، دانش اخترشناسی را زیرورو کرد. این فن‌آوری جدید به اخترشناسان امکان داد همه‌ی تابش‌هایی را که از اجسام در فضا می‌رسد و نه فقط نور مرئی را بگیرند. دریافت نور مرئی فقط بخشی از داستان را بازگو می‌کند. این کار شبیه داشتن یک قطعه از یک پازل بزرگ یا شنیدن فقط یک نُت از تمام یک قطعه‌ی موسیقی است.

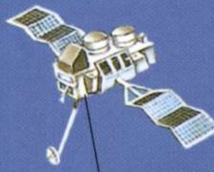
برای این‌که موسیقی را کامل درک کنید، باید به همه‌ی نُت‌ها، از ریزترین تا بم‌ترین، گوش کنید. نور مرئی فقط بخشی از کل تابش الکترومغناطیس است. با دریافت امواج نامرئی، هم‌چون امواج رادیویی و پرتو ایکس، تصویری از عالم پیش چشمان ما نقش می‌بندد که به نحو شگفت‌آوری با تصویر نور مرئی متفاوت است. فقط با کنار هم چیدن تصاویر و اطلاعات تمام این تابش‌ها، چهره‌ی واقعی کیهان پیرامون ما تا حدّی مشخص می‌شود.

خوشه کهکشان‌ها (پرتو ایکس)

هسته اختروش (پرتو گاما)

منابع پُرانرژی

طول موج‌های کوتاه‌تر طیف الکترومغناطیس، تابش‌های پُرانرژی و طول موج‌های بلندتر تابش‌های کم‌انرژی‌ترند. نواحی پُرانرژی در عالم، تابش‌هایی با طول موج کوتاه می‌فرستند. وقتی الکترون‌ها و پادماده یک‌دیگر را نابود می‌کنند، ممکن است پرتو گاما تابش شود که پُرانرژی‌ترین تابش است. گازهای بسیار داغ در خوشه‌های کهکشانی پرتو ایکس و جوّ داغ اطراف ستاره‌ها، تابش فرابنفش می‌فرستند. در زیر، ارتفاع مداری برخی ماهواره‌های کارآمد گذشته، که عالم را در این طول موج‌ها کاوش کردند، نشان داده شده است. در انرژی‌های زیاد اکنون رصدخانه‌ی فضایی پرتو ایکس چاندرا و ماهواره‌ی سوییفت، فعال‌ترین‌اند.



رصدخانه پرتو گاما کامپتون



تلسکوپ خورشیدی اسکای لب (فرابنفش شدید)



ماهواره روسات (پرتو ایکس)

فراسوی جوّ

ستاره‌ها، کهکشان‌ها و دیگر اجسام در فضا، تابش الکترومغناطیس ارسال می‌کنند. این تابش، چه به صورت نور و چه به صورت امواج رادیویی، شامل جریانی از میدان‌های مرتعش الکتریکی و مغناطیسی است که رو به بیرون منتشر می‌شوند. این تابش، با سرعت ۳۰۰هزار کیلومتر بر ثانیه (سرعت نور)، هزاران یا حتی میلیون‌ها سال نوری راه را طی می‌کند تا به ما برسد. اما وقتی به ما رسید، بیش‌تر آن در جوّ زمین جذب می‌شود. اخترشناسی نامرئی زمانی متولد شد که اخترشناسان قادر به دریافت این تابش‌ها در فضا شدند.

رصدخانه‌های مداری

گازهای جوّ زمین بیش‌تر طول موج‌ها را، به‌جز مرئی، رادیویی و بخش کوچکی از فروسرخ جذب می‌کنند. بنابراین، ماهواره‌ها، که این تابش‌ها را مستقیم از فضا می‌گیرند، آن‌ها را بهتر بررسی می‌کنند. تلسکوپ فضایی هابل نیز به فراز جو رفت تا بدون اثر محوکننده‌ی هوای متلاطم لایه‌های پایینی جوّ، دید واضح‌تری داشته باشد و فارغ از شب و روز، هوای ابری یا صاف، همواره آسمان را کاوش کند.

ارتفاعی که جوّ تا آنجا همه‌ی تابش را جذب کرده است.



بالن حامل آشکارسازهای پرتو ایکس و گاما

طول موج‌های درون بخش آبی روشن از سطح زمین رصد نمی‌شوند.

طیف هیچ انتهایی ندارد؛ اما پرتوهای گاما با طول موج کوتاه و کوتاه‌تر (و انرژی بیش‌تر) در عالم نادرند.



تابش فرابنفش: داغ‌ترین ستاره‌ها بیش‌تر انرژی خود را در این طول موج می‌فرستند. لایه‌ی اُزن در جوّ زمین ما را از تابش فرابنفش آسیب‌زای خورشید در امان نگه‌می‌دارد؛ اما مانع دید اخترشناسان از عالمِ فرابنفش نیز می‌شود.

پرتو ایکس را بیش از هر جای دیگر گازهای داغ کیهانی، همان‌طور که بین کهکشان‌ها و نزدیک سیاه‌چاله‌ها یافت شده‌اند، با دمای بین یک میلیون تا ۱۰۰ میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد تابش می‌کنند. آشکارسازهای پرتو ایکس بیش از تلسکوپ به شمارش‌گر گایگر شباهت دارند. لایه‌ی بالایی جوّ زمین پرتو ایکس را جذب می‌کند.

پرتوهای گاما کوتاه‌ترین طول موج ـ کمتر از ۰٫۰۱ نانومتر (یک میلیاردم یا 10^{-9} متر) ـ را دارند. آن‌ها پُرانرژی‌ترین شکل تابش‌اند. برخی از بارزترین منابع این تابش فوران‌گرهای اسرارآمیز پرتو گاما هستند که ممکن است ستاره‌های منفجرشونده‌ی (اَبَرنواخترها) اَبَر قدرت‌مند در دورست‌های کیهان باشند.

طیف الکترومغناطیس

همه‌ی امواج تابشی مانند امواج دریا حرکت می‌کنند؛ اما در محیط خلأ یا فضای بدون ماده هم منتقل می‌شوند. به فاصله‌ی بین دو قله‌ی موج، طول موج می‌گویند. تابش‌های متفاوت را طول موج‌های گوناگون از هم متمایز می‌کند. آن‌هایی که طول موج کوتاه‌تری دارند، بسامد (فرکانس یا تعداد موج در ثانیه) بلندتری دارند و حامل انرژی بیش‌تری هستند.

منابع کم‌انرژی

نواحی خنک‌تر عالم تابش‌هایی با طول موج بلندتر می‌فرستند. ستاره‌ها نور مرئی و اجسام خنک‌تری مانند ستاره‌های تازه متولد شده و سیارات و ابرهای عباری، امواج فروسرخ تابش می‌کنند. بخش بزرگی از امواج رادیویی را ابرهای کیهانی و الکترون‌هایی تولید می‌کنند که با سرعت از میان میدان مغناطیسی کهکشان‌های رادیویی دوردست می‌گذرند.

تابش زمینه کیهانی باقی‌مانده از انفجار بزرگ (امواج رادیویی)

ابر تیره‌ی سازنده‌ی ستاره‌ها (فروسرخ)

لُب‌های کهکشان رادیویی (امواج رادیویی)

ستاره‌ها (مرئی)

ستاره جوان با فوران گاز (فروسرخ)

بقایای ابرنواختر (امواج رادیویی)

تاج خورشید (فرابنفش)

تلسکوپ نجومی سوار بر شاتل (فرابنفش)

کوبی (امواج رادیویی)

رصدخانه فضایی فروسرخ (ISO)

تلسکوپ فضایی هابل (عمدتا نور مرئی)

مانع جوّ

ملکول‌های جوّ زمین، برخی طول موج‌ها، مانند فرابنفش را بیش‌تر از دیگر طول موج‌ها جذب می‌کنند. پرتوهای ایکس و گاما به حدّ کافی به جوّ نفوذ می‌کنند که آشکارسازهای سوار بر بالُن‌ها آن‌ها را ثبت کنند. نور فروسرخ را هم تلسکوپ‌های سوار بر هواپیماهای بلندپرواز آشکار می‌کنند.

رصدخانه‌های زمینی

فقط دو نوع تابش الکترومغناطیس، بدون جذب شدن در جوّ، به سطح زمین می‌رسد: نور مرئی و امواج رادیویی با طول موج‌های کوتاه‌تر. تلسکوپ‌های رادیویی در دشت‌های پست و گاهی هم‌سطح دریا قرار می‌گیرند؛ اما تلسکوپ‌های نور مرئی برفراز کوهستان‌های بلند، برفراز بیش‌تر جریان‌های هوا که نور رسیده از فضا را آشفته می‌کنند، ساخته می‌شوند.

۲۰۰ کیلومتر

۱۰۰ کیلومتر

سطح دریا

رصدخانه هوابُرد سوفیا (فروسرخ)

هیچ طول موجی کوتاه‌تر از ۳۱۰ نانومتر به سطح زمین نمی‌رسد.

تلسکوپ‌های نور مرئی و فروسرخ بر فراز کوهستان‌های بلند

رصدخانه آرسیبو (امواج رادیویی)

آرایه بسیار بزرگ VLA (امواج رادیویی)

نور مرئی

امواج رادیویی | فروسرخ

1 KM | 100 M | 10 M | 1 M | 10 CM | 1 CM | 1 MM | 0.1 MM | 0.01 MM | 1000 NM | 100 NM

امواج رادیویی را بسیاری از اجسام، از ابرهای کیهانی، بقایای انفجارهای ابرنواختری و کهکشان‌های فعال تا خود انفجار بزرگ (مهبانگ)، می‌فرستند. «پنجره‌ای» در جوّ زمین به امواج رادیویی، با طول موج کوتاه‌تر از حدود ۱۰۰ متر، اجازه‌ی عبور می‌دهد و این تابش هم به سطح زمین می‌رسد. امواج بلندتر از لایه‌های بالایی جوّ به فضا بازتاب می‌شوند.

فروسرخ، یا تابش حرارتی، بیش‌تر از اجسامی تا دمای حداکثر یکی دو هزار درجه‌ی سانتی‌گراد، از سحابی‌ها تا ستاره‌های در حال تولد و کوتوله‌های قهوه‌ای می‌رسد. این تابش در لایه‌های پایین جوّ جذب می‌شود؛ اما بخش‌هایی از آن را می‌توان از فراز کوهستان‌ها یا سوار بر هواپیماها رصد کرد.

تابش مرئی، یا پرتو نور، طول موجی بین ۳۹۰ تا ۷۰۰ نانومتر دارد. این تابش، از میان «پنجره‌ی» باز جوّ، به سطح زمین می‌رسد. تا همین اواخر، این نوار باریک در طیف گسترده‌ی پرتوهای الکترومغناطیس تنها روزنه‌ی بررسی عالم برای اخترشناسان بود.

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی فروسرخ ۲۸

اخترشناسی رادیویی ۳۰

اخترشناسی فرابنفش ۳۲

اخترشناسی پرتو ایکس ۳۴

اخترشناسی پرتو گاما ۳۶

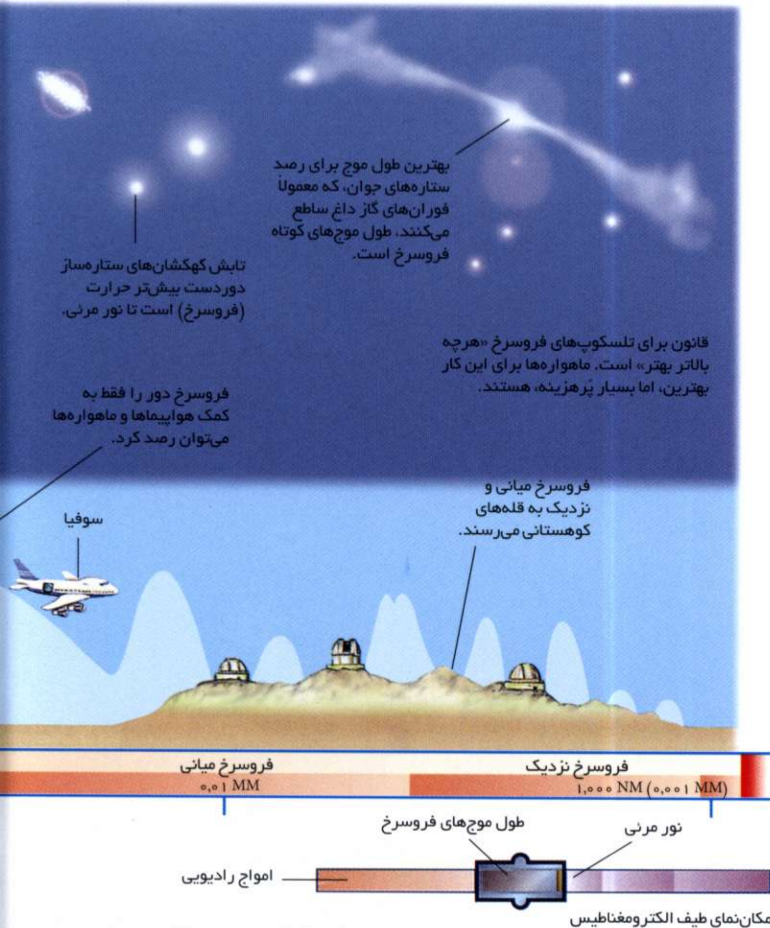
اخترشناسی فروسرخ

اگر چشمان ما به تابش فروسرخ یا حرارتی حسّاس بود، آسمان شب کاملاً متفاوت به‌نظر می‌رسید. چنین آسمانی پُر از ابرهای کیهانی تابنده و کهکشان‌های دوردستِ پراکنده و نورانی از ستاره‌های تازه متولد شده بود. در آن صورت، می‌توانستیم ستاره‌های جوان و مرکز کهکشان خودمان را، که در حالت عادی پشت انبوهی از دانه‌های غبار پراکنده در فضا پنهان است، تشخیص بدهیم. زیرا نور فروسرخ مستقیم از میانِ غبار میان‌ستاره‌ای عبور می‌کند. هر چیزی در عالم خنک‌تر از ستاره‌های عادی (دمای حدود ۳هزار درجه‌ی سانتی‌گراد) تابش فروسرخ می‌فرستد. اخترشناسان می‌توانند با استفاده از تلسکوپ‌های فروسرخ، اطلاعاتِ نامرئی برای تلسکوپ‌های نور مرئی را آشکار کنند.



تفاوت‌های حرارتی

آشکارسازها، حرارت متفاوتی را از بخش‌های گوناگون یک جسم ثبت می‌کنند: در تصویر فروسرخ فیل، تفاوت دما حدود یک درجه‌ی سانتی‌گراد است. اخترشناسان به کمک نور فروسرخ، می‌توانند گستره‌ی دمایی وسیع‌تری، از ستاره‌هایی با دمای چند هزار درجه‌ی سانتی‌گراد تا ابرهای غباری بسیار سرد با دمای ۲۵۰- درجه‌ی سانتی‌گراد را رصد کنند. این اجسام، در عالمی که دمای ابرهای گازی ممکن است به میلیون‌ها درجه برسد، اجسام خنکی‌اند.

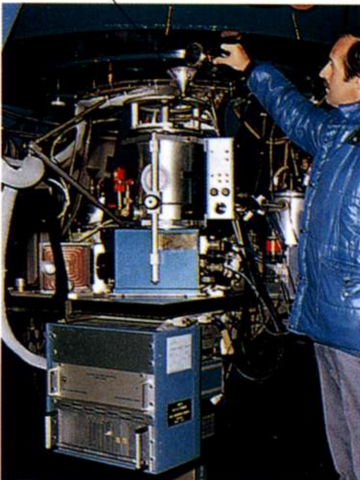


طول موج‌های فروسرخ

تابش فروسرخ، همان‌طور که از نامش پیداست، درست پس از انتهای سرخ طیف مرئی قرار دارد. این تابش در مقایسه با نور مرئی بخش وسیع‌تری از طیف الکترومغناطیس را می‌پوشاند: از ۷۰۰ نانومتر (یک میلیاردم یک متر) تا یک میلی‌متر، جایی که امواج رادیویی آغاز می‌شوند.

اخترشناسان تابش فروسرخ را به چهار ناحیه تقسیم می‌کنند: فروسرخ نزدیک، میانی و دور، و امواج زیر میلی‌متری (امواج مایکروویو یا ریزموج). رصد تابش فروسرخ همیشه نبردی با جوّ زمین است، زیرا دی‌اکسید کربن و بخار آب، نور فروسرخ را جذب می‌کنند. اما برخی طول موج‌های بلندتر و کوتاه‌تر فروسرخ به قله‌های کوهستانی می‌رسند.

هلیم مایع که به درون محفظه‌ی دوربین فروسرخ ریخته می‌شود، آن را تا ۲۷۰- درجه‌ی سانتی‌گراد خنک نگه می‌دارد.



تلسکوپ‌های فروسرخ زمینی

تلسکوپ‌های فروسرخ شبیه تلسکوپ‌های نور مرئی‌اند: در حقیقت، جدیدترین تلسکوپ‌های بازتابی بزرگ را برای رصد هم‌زمان نور مرئی و فروسرخ طراحی کرده‌اند. البته رصدخانه باید در ارتفاعات باشد.

دوربین فروسرخ باید دستگاه سردکننده‌ای داشته باشد تا تابش فروسرخ حاصل از حرارت خودش با امواج ضعیف فروسرخ فضایی تداخل پیدا نکند. رصدگاه در قاره‌ی سردسیر، خشک و مرتفع جنوبگان یکی از بهترین مناطق شناخته شده‌ی روی زمین برای مشاهده‌ی فروسرخ کیهانی است.

تلسکوپ‌های مهم فروسرخ

نام	قطر آینه	مکان	ارتفاع به کیلومتر	تاریخ فعالیت
تلسکوپ قطب جنوب	۱۰ متر	جنوبگان	۳	-۲۰۰۷
تلسکوپ فروسرخ انگلستان	۳/۸ متر	هاوایی	۴/۲	-۱۹۷۹
تلسکوپ فروسرخ ITF ناسا	۳ متر	هاوایی	۴/۲	-۱۹۷۹
زیر میلی‌متری کَلتِک	۱۰ متر	هاوایی	۴/۲	-۱۹۸۷
جیمز کلرک ماکْسوِل	۱۵ متر	هاوایی	۴/۲	-۱۹۸۷
رصدخانه‌ی هوابُرد کویرپر	۰/۹ متر	لاکهید C۱۴۱	۱۲/۵	۱۹۷۴-۱۹۹۵
سوفیا	۲/۵ متر	بویینگ SP۷۴۷	۱۳	-۲۰۱۰
ایراس	۰/۶ متر	مدار قطبی	۹۰۰	۱۹۸۳
ISO	۰/۶ متر	مدار استوایی	۱۰۰۰	۱۹۹۵-۱۹۹۸
رصدخانه‌ی فضایی اسپیتزر ناسا	۰/۸۵ متر	مدار خورشیدی	۵۰ میلیون	-۲۰۰۳
آکاری	۰/۶۷ متر	مدار	۷۰۰	-۲۰۰۶
هرشل	۳/۵ متر	نقطه‌ی لاگرانژی	۱/۵ میلیون	۲۰۰۹-۲۰۱۰
ویستا	۴/۱ متر	شیلی	۲/۵	-۲۰۰۹

صورت فلکی جبار در طول موج‌های مرئی با هفت ستاره، که شکل کلی شکارچی را می‌سازند، مشخص می‌شود.



این ابرهای غباری عظیم و سرد در این تصویر ماهواره‌ی نجومی فروسرخ (ایراس) همان ناحیه را نشان می‌دهد.



در مدار

رصدخانه‌ی فضایی فروسرخ اروپایی‌ها (ISO)، درست بر فراز جوّ زمین، ماهواره‌ای بود که افق‌های جدیدی در بررسی کهکشان‌های تصادم‌کننده، زایشگاه‌های ستاره‌ای پنهان و ابرهای میان‌ستاره‌ای پیش چشم ما را رسم کرد. این تلسکوپ را درون فلاسک عظیمی جاسازی کرده بودند که آن را تا ۲۷۰- درجه‌ی سانتی‌گراد خنک نگه‌می‌داشت تا حرارت خودش با امواج فضایی تداخلی ایجاد نکند. پس از سه سال، که هلیم مایع خنک‌کننده‌ی تلسکوپ به پایان رسید، رصدهای ISO هم تمام شد. اکنون رصدخانه‌ی فضایی فروسرخ پیش‌رو تلسکوپ اسپیتزر یا SIRTF است که در سال ۲۰۰۳ میلادی در مداری به فاصله‌ی بسیار دور از زمین قرار گرفت و تاکنون دست‌آوردهای شگفتی داشته است.





ابرهای میان‌ستاره‌ای در جبار

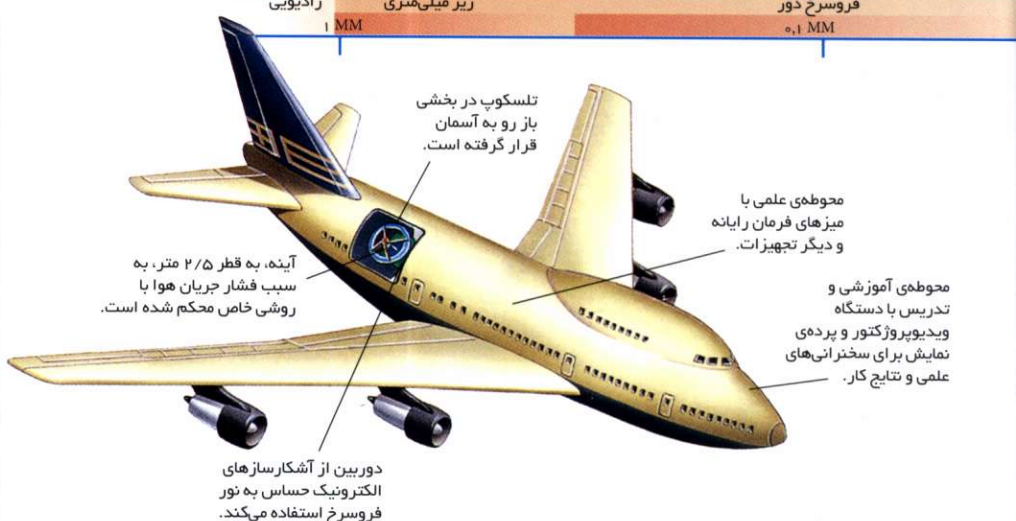
تلسکوپ‌های فروسرخ به مواد سرد و ولَرم، از جمله‌ی ابرهای وسیع گاز و غبار، که صدها سال نوری در سرتاسر صورت فلکی جبار گسترده شده‌اند، حسّاس‌اند. آن‌ها عموماً دمایی حدود ۲۰۰- درجه‌ی سانتی‌گراد دارند (قرمز در تصویر ماهواره‌ای ایراس). در نواحی چگال‌تر، حرارت ستاره‌های تازه متولد شده گاز و غبار اطراف را تا هزار درجه‌ی سانتی‌گراد گرم می‌کند (نواحی سفید). از دید تلسکوپ‌های نور مرئی این ابرها فقط مانند اشباحی تیره دیده می‌شوند. در عوض، بیش‌تر ستاره‌هایی که در نور مرئی دیده می‌شوند، داغ‌تر از آن‌اند که در نور فروسرخ خود را نشان دهند.

سال‌شمار اخترشناسی فروسرخ

- در سال ۱۸۰۰، سر ویلیام هرشل دریافت که اگر حرارت‌سنجی را پشت انتهای قرمز طیف خورشید قرار دهیم، حرارتی را ثبت می‌کند. او این تابش نامرئی را فروسرخ نامید.
- در سال ۱۹۶۹، در نخستین جست‌وجوی فروسرخ آسمان از روی زمین، تعداد ۵۶۱۲ ستاره‌ی سرد شناسایی شد.
- ماهواره‌ی ایراس، که در سال ۱۹۸۳ پرتاب شد، ۲۵۰هزار منبع فروسرخ کیهانی کشف کرد. این منابع شامل کهکشان‌های بسیار ستاره‌ساز هم بودند. این کهکشان‌ها با متولد کردن هزاران ستاره، بیش‌تر از تابش نور مرئی، از خود تابش فروسرخ یا حرارت می‌فرستادند.
- در سال ۱۹۹۴، تلسکوپ‌های فروسرخ در زمان برخورد دنباله‌دار شومیکر ـ لوی ۹ با مشتری، توده‌های گازی بسیار داغی به وسعت ۳هزار کیلومتر آشکار کردند.
- در سال ۱۹۹۸، رصدخانه‌ی فضایی فروسرخ (ISO) کشف کرد که آب به‌طور گسترده در فضا، از برخی اقمار تا ابرهای میان‌ستاره‌ای، پراکنده است.
- در سال ۲۰۰۳، چهارمین رصدخانه‌ی فضایی بزرگ ناسا (تلسکوپ اسپیتزر) با هدف کاوش دنیای فروسرخ به فضا رفت. یافته‌های بسیار آن تاکنون در دانش ما از زمینه‌های گوناگون، از سیارات فراخورشیدی و کوتوله‌های قهوه‌ای تا ابرهای غبار کیهانی، تولدِ نخستین ستاره‌ها و خوشه‌های کهکشانی دوردست، تحولاتی پدید آورده است.

بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ چگونه کار می‌کند؟ ۱۸
تحلیل نور ۲۴، تابش‌هایی از فضا ۲۶
چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰، فضای میان ستاره‌ای ۲۱۶

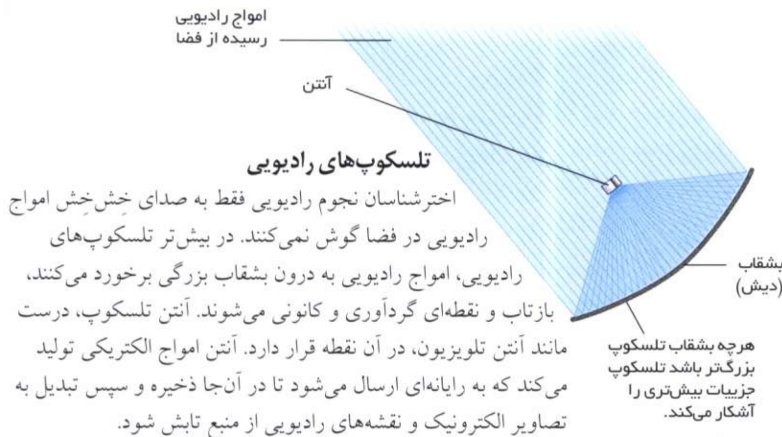


رصدخانه‌ی هوابُرد سوفیا

رصدخانه‌ی پوش‌کره‌ای برای اخترشناسی فروسرخ (سوفیا ـ SOFIA) یک بویینگ SP747 تغییر یافته است که تلسکوپ فروسرخی را بر فراز جوّ جذب‌کننده‌ی نور فروسرخ حمل می‌کند. استفاده از این هواپیما کم‌هزینه‌تر و انعطاف‌پذیرتر از ماهواره است و می‌توان تلسکوپ بزرگ‌تری را با آن حمل کرد. آینه‌ی ۲/۵ متری این رصدخانه بسیار بزرگ‌تر از آینه‌ی رصدخانه ISO است.

اخترشناسی رادیویی

اخترشناسان با دریافت امواج رادیویی از فضا، بسیاری از پُرانرژی‌ترین اجسام و انفجاری‌ترین وقایع را در عالم کشف کرده‌اند. این کشف‌ها عبارت‌اند از بقایای انفجارهای اَبَرنواَختری، گرداب‌های ماده در اطراف سیاه‌چاله‌های اَبَرپُرجِرم، و حتی تابش بازمانده‌ای از انفجار بزرگ که عالم از آن متولد شد. آنان می‌توانند با تلسکوپ‌های رادیویی، ملکول‌ها، یعنی مواد اولیه‌ی ساخت سیارات جدید و حتی حیات را در فضا دنبال کنند. طبق قوانین بین‌المللی، هیچ‌کس حق ندارد در طول موج‌هایی که برای بررسی عالم استفاده می‌شوند، برنامه‌ی رادیویی ارسال کند. البته حتی با وجود این نیز تلسکوپ‌های رادیویی هم‌چنان در معرض آلودگی رادیویی، مثلاً از سوی تلفن‌های همراه، قرار دارند. صداهای حاصل از زندگی ماشینی انسان، «سکوت» مورد نیاز اخترشناسی رادیویی را برهم زده است.

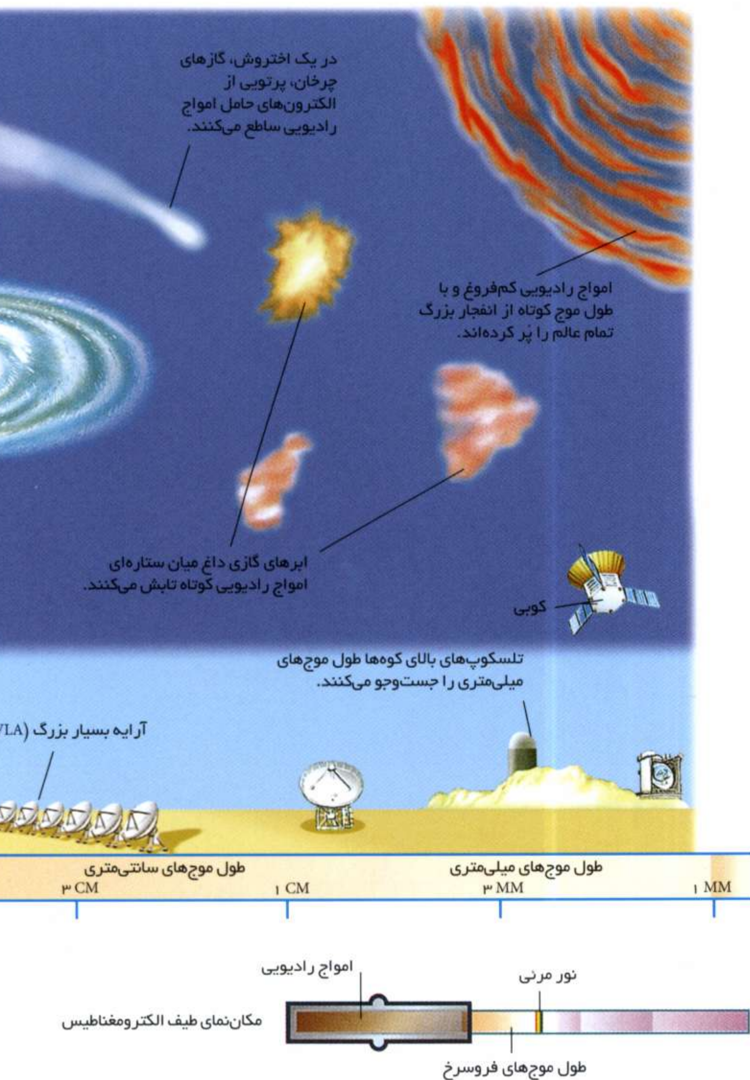


تلسکوپ‌های رادیویی

اخترشناسان نجوم رادیویی فقط به صدای خِش‌خِش امواج رادیویی در فضا گوش نمی‌کنند. در بیش‌تر تلسکوپ‌های رادیویی، امواج رادیویی به درون بشقاب بزرگی برخورد می‌کنند، بازتاب و نقطه‌ای گردآوری و کانونی می‌شوند. آنتن تلسکوپ، درست مانند آنتن تلویزیون، در آن نقطه قرار دارد. آنتن امواج الکتریکی تولید می‌کند که به رایانه‌ای ارسال می‌شود تا در آن‌جا ذخیره و سپس تبدیل به تصاویر الکترونیک و نقشه‌های رادیویی از منبع تابش شود.

طیف رادیویی

امواج رادیویی در میان تمام تابش‌های الکترومغناطیس بلندترین طول موج را دارند که همه‌ی طول موج‌های بلندتر از یک میلی‌متر را شامل می‌شوند. بیش‌تر امواج رادیویی به درون جوّ زمین نفوذ می‌کنند و به سطح زمین می‌رسند. در حالی‌که امواج رادیویی بلندتر از ۱۰۰ متر از لایه‌ی یون‌کره، بر فراز جوّ، به فضا بازتاب می‌شوند. دانشمندان اغلب با واحد فرکانس به امواج رادیویی اشاره می‌کنند. فرکانس یا بسامد تعداد موج‌هایی است که در هر ثانیه می‌گذرد. هرچه طول موج کوتاه‌تر باشد، فرکانس بیش‌تر است.



تلسکوپ‌های مهم رادیویی		
نام	اندازه	مکان
تک بشقاب‌ها		
آرِسیبو	۳۰۵ متر	پُرتوریکو
گرین‌بنک	۱۰۰×۱۱۰ متر	ایالات متحده
اِفلزبرگ	۱۰۰ متر	آلمان
جودرِل بَنک	۷۶ متر	انگلستان
پارکِز	۶۴ متر	استرالیا
نوبیاما	۴۵ متر	ژاپن
ایرام (IRAM)	۳۰ متر	اسپانیا
جیمز کلرک ماکسوِل	۱۵ متر	هاوایی
ESO ـ سوئدی	۱۵ متر	شیلی
تلسکوپ امواج میلی‌متری کیت پیک	۱۱ متر	ایالات متحده
فضاپیمای پلانک	—	فضا: نقطه‌ی دوم لاگرانژی
آرایه‌ها		
آرایه با خط مبنای بسیار طولانی (VLBA)	۸۰۰۰کیلومتر/۱۰ بشقاب	سرتاسر ایالات متحده
تلسکوپ استرالیا	۳۲۰ کیلومتر/۸ بشقاب	استرالیا
مِرلین (MERLIN)	۲۳۰ کیلومتر/۷ بشقاب	انگلستان
آرایه‌ی بسیار بزرگ (VLA)	۳۶ کیلومتر/۲۷ بشقاب	ایالات متحده
بیما (BIMA)	۲ کیلومتر/ ۱۰ بشقاب	ایالات متحده
پلاتودوبور	۰/۴ کیلومتر/۵ بشقاب	فرانسه
آرایه‌ی زیر میلی‌متری	۰/۵ کیلومتر/۸ بشقاب	هاوایی
تلسکوپ رادیویی غول‌پیکر مترموج (GMRT)	۲۵ کیلومتر/۱۴ بشقاب	هند

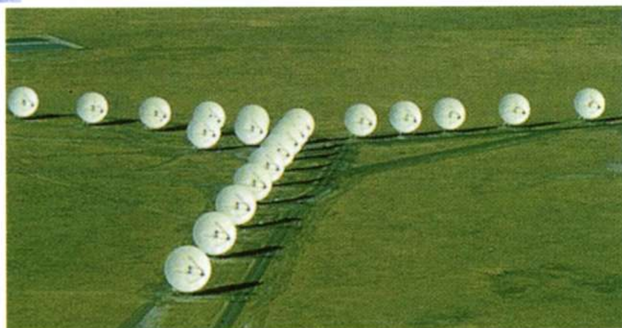
بشقاب رادیویی

تلسکوپ رادیویی بزرگ رصدخانه‌ی رادیویی نوبیاما در ژاپن بشقاب خمیده‌ای به قطر ۴۵ متر دارد که ۱۰ برابر بزرگ‌تر از زمین تنیس است. با این حال، سطح آن چنان صیقلی و هموار است که با خطا و ناهمواری کمتر از پهنای یک برگ علف ساخته شده است. این سطح دقیق موجب می‌شود که این بشقاب، تابش‌هایی با طول موج میلی‌متری را از ملکول‌های گاز در فضای بین ستاره‌ها کانونی کند.

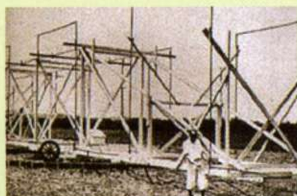


آرایه‌های تلسکوپ

وضوح تصاویر تلسکوپ‌های رادیویی، کمتر از تصاویر تلسکوپ‌های نور مرئی است؛ زیرا امواج رادیویی، بلندتر از امواج نور مرئی‌اند و توان تفکیک جزییات به طول موج نور دریافتی نیز وابسته است. هرچه طول موج بیش‌تر باشد، قدرت تفکیک ما کمتر است؛ مگر این‌که از تلسکوپ بزرگ‌تری استفاده کنیم. در امواج رادیویی، برای ثبت همان جزییاتی که با تلسکوپی کوچک در نور مرئی می‌بینیم، به تلسکوپی با دهانه‌ی چند کیلومتری نیاز داریم. اخترشناسان برای آشکارسازی جزییات بیش‌تر، با متصل کردن چند تلسکوپ کوچک به هم، تلسکوپ بزرگ‌تری می‌سازند. ۲۷ بشقاب آرایه‌ی بسیار بزرگ (VLA) روی ریل‌هایی در امتداد Y شکل آرایه حرکت می‌کنند و دورترین بشقاب‌ها حداکثر به فاصله‌ی ۳۶ کیلومتر از هم می‌رسند. آرایه با خط مبنای بسیار بلند (VLBA) در سراسر ایالات متحده گسترده شده است و در امواج رادیویی تصویری با تفکیک بیش‌تر از تصویر تلسکوپ فضایی هابل در نور مرئی به دست می‌دهد؛ البته علاوه بر محدودیت‌های بسیار اجرایی، با این بشقاب‌های دور از هم، به سبب شمار کم بشقاب‌ها و فاصله‌ی بسیار زیاد آن‌ها تابش بسیار کمی در مقایسه با این «بزرگ‌نمایی» گردآوری می‌شود و فقط می‌توان به بررسی منابع رادیویی درخشان پرداخت.


آرایه‌ی بسیار بزرگ (VLA) در نیومکزیکو.

سال‌شمار اخترشناسی رادیویی


آنتن ابتدایی تلسکوپ رادیویی یانسکی.

- اخترشناسی رادیویی در سال ۱۹۳۲ آغاز شد که کارل یانسکی «پارازیت»های رادیویی‌ای را کشف کرد که از راه شیری می‌آمدند.
- در سال ۱۹۴۲، استنلی هِی (۱۹۰۹ - ۲۰۰۰)، دانشمند انگلیسی، در خورشید فوران‌های قوی رادیویی یافت.
- در سال ۱۹۴۹، اخترشناسان نجوم رادیویی در استرالیا نخستین منبع رادیویی خارج از منظومه‌ی شمسی را شناسایی کردند.
- در سال ۱۹۵۱، دانشمندان هاروارد تابش ۲۱ سانتی‌متر را، که از گاز هیدروژن در راه شیری ساطع می‌شد، دریافت کردند.
- نخستین اَختروش (کوازار) به نام ۳C ۲۷۳، در سال ۱۹۶۳ شناسایی شد: این جرم منبع رادیویی قدرت‌مندی بود. در همین زمان، نخستین ملکول میان‌ستاره‌ای (هیدروکسیل) از تابش ۱۸ سانتی‌متری آن کشف شد.
- در سال ۱۹۶۵، آرنو پنزیاس و رابرت ویلسون پژواک رادیویی کم‌فروغی از تابش بازمانده از انفجار بزرگ (مِهبانگ) را کشف کردند که به تابش زمینه‌ی کیهانی مشهور است.
- در سال ۱۹۶۷، تونی هوییش و جاسلین بِل برنِل نخستین تپ‌اختر، به نام PSR ۱۹۱۹+۲۱، را کشف کردند.
- در سال ۱۹۹۲، ماهواره‌ی کاوشگر زمینه‌ی کیهانی برخی آشفتگی‌ها را در تابش زمینه‌ی کیهانی ثبت کرد؛ این آشفتگی‌ها نخستین نشانه‌های شکل‌گیری کهکشان‌هاست.

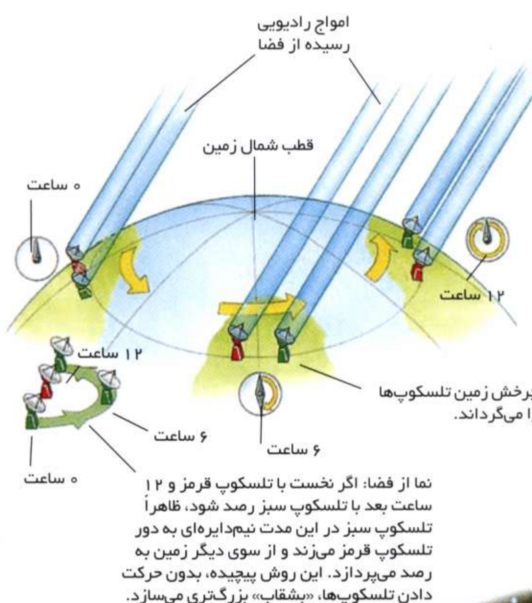
بیش‌تر بدانیم

تحلیل نور ۲۴، تابش‌هایی از فضا ۲۶
فضای میان ستاره‌ای ۲۱۶
کهکشان‌های فعال ۲۳۶

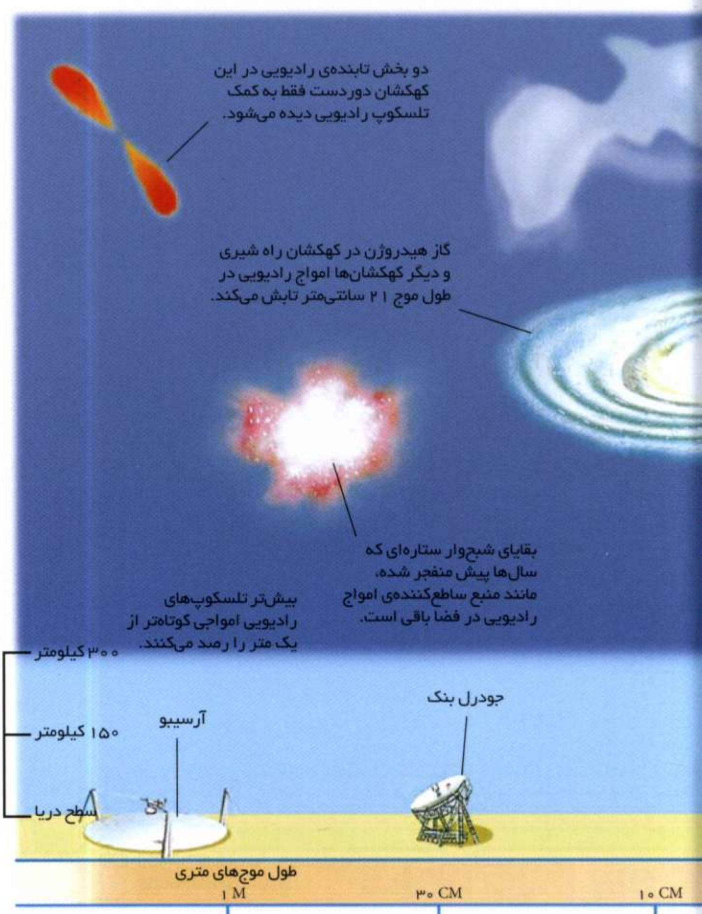
ترکیب زمین ـ چرخش

خطی از تلسکوپ‌ها در یک امتداد یا حتی ترکیب Y شکل آرایه‌ی بسیار بزرگ (VLA)، در آینه‌ی بزرگ نهایی شکاف‌هایی باقی می‌گذارد که ممکن است تصویر رادیویی حاصل را مغشوش کند. در دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی، مارتین رایل راه‌حلی پیشنهاد کرد که به جای گرفتن عکس‌های تک پُر از حفره، تلسکوپ‌ها ۱۲ ساعت یک منبع رادیویی را رصد کنند. با چرخش زمین به دور خود، هر تلسکوپ در نیم‌دایره‌ای به دور تلسکوپ‌های دیگر می‌گردد. به این ترتیب، تلسکوپی بسیار بزرگ‌تر ساخته می‌شود.

نحوه‌ی عملکرد ترکیب تلسکوپ‌ها در روش زمین ـ چرخش.

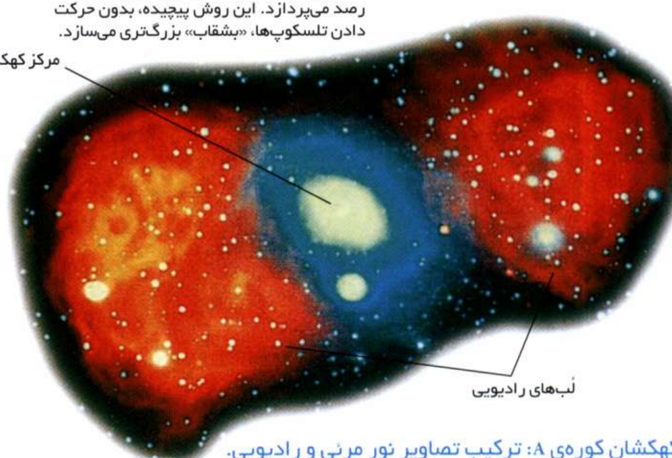


نما از فضا: اگر نخست با تلسکوپ قرمز و ۱۲ ساعت بعد با تلسکوپ سبز رصد شود، ظاهراً تلسکوپ سبز در این مدت نیم‌دایره‌ای به دور تلسکوپ قرمز می‌زند و از سوی دیگر زمین به رصد می‌پردازد. این روش پیچیده، بدون حرکت دادن تلسکوپ‌ها، «بشقاب» بزرگ‌تری می‌سازد.



تابش سینکروترون

در بسیاری از منابع رادیویی، از بقایای ابرنواخترها تا کهکشان‌ها، امواج رادیویی را الکترون‌های پُرسرعتی تولید می‌کنند که در میدان‌های مغناطیسی به دام افتاده‌اند. آن‌ها امواج رادیویی از نوعی به نام تابش سینکروترون تولید می‌کنند که در میان طول موج‌های بلندتر، قوی‌ترین تابش است. در این تصویر از کهکشان کوره A، دو بخش تابش‌کننده‌ی امواج رادیویی در دو سوی کهکشان (لُب‌های رادیویی) جایی را نشان می‌دهند که الکترون‌ها مثل برق در میان میدان‌های مغناطیسیِ درهم تنیده شده و در رفت و آمدند. این الکترون‌ها از ستون‌های ذراتی سرچشمه می‌گیرند که از دو سوی سیاه‌چاله‌ی مرکزی و بسیار پُرجرم کهکشان فوران می‌کنند.



کهکشان کوره‌ی A: ترکیب تصاویر نور مرئی و رادیویی.

اخترشناسی فرابنفش

اخترشناسان برای ردیابی داغ‌ترین ستاره‌ها (بارها داغ‌تر از خورشید)، باید از تابش فرابنفش استفاده کنند. ستاره‌ای که از دمای ۱۰هزار درجه‌ی سانتی‌گراد داغ‌تر است، در طول موج‌های فرابنفش درخشان‌تر می‌درخشد. هم‌چنین تابش فرابنفش آشکار می‌کند که درون ابرهای گازی داغ و نامرئی بین ستاره‌ها چه خبر است. البته ملکول اوزُن در جوّ زمین، رصد در این نور را مشکل می‌کند. در زندگی روزمره لایه‌ی اوزُن ما را در برابر تابش فرابنفش خورشید حفاظت می‌کند و ما نگران حفره‌ی لایه‌ی اوزُن هستیم. در صورتی‌که لایه‌ی اوزُن مانع اخترشناسان از رصد منابع تابش فرابنفش در عالم می‌شود.

طول موج‌های فرابنفش

تابش فرابنفش، طول موج‌هایی کوتاه‌تر از نور مرئی دارد که از انتهای بنفش طیف مرئی (۳۹۰ نانومتر) تا آغاز بخش پرتو ایکس (۱۰ نانومتر) گسترده شده‌اند. طول موج‌های بین ۱۰ تا ۹۱ نانومتر را فرابنفش کرانه یا فرابنفش دور می‌نامیم.

تلسکوپ‌های فرابنفش باید فراتر از جوّ زمین پرواز کنند. اتم‌های اکسیژن و نیتروژن در ارتفاعات بالا، راه طول موج‌های فرابنفش کوتاه‌تر را سدّ می‌کنند؛ در حالی که لایه‌ی ازن، بین ۱۰ تا ۵۰ کیلومتری سطح زمین، راه بقیه‌ی طول موج‌های فرابنفش را سدّ می‌کند.

مهِ هیدروژن

بسیاری از اتم‌ها در فضا در جذب تابش فرابنفش بسیار مؤثرند. هیدروژن، فراوان‌ترین عنصر در فضا، طول موج‌های فرابنفش کرانه را چنان قوی جذب می‌کنند که هم‌چون مِه غلیظی بیش‌تر عالم دوردست را پشت خود پنهان می‌کند.



طول موج‌های فرابنفش

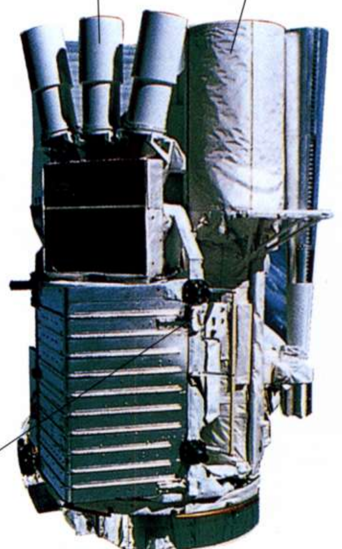
مکان‌نمای طیف الکترومغناطیس

نور مرئی

پرتو ایکس

تلسکوپ‌های اصلی فرابنفش			
نام	اندازه‌ی آینه	مدار	تاریخ
کوپرنیک	۰/۸ متر	پایین	۱۹۷۲ - ۱۹۸۱
کاوشگر فرابنفش بین‌المللی (IUE)	۰/۴۵ متر	۲۶۰۰۰ تا ۴۲۰۰۰ کیلومتر	۱۹۷۸ - ۱۹۹۶
آسترون (متعلق به شوروی)	۰/۸ متر	۱۸۵ هزار کیلومتر	۱۹۸۳ - ۱۹۸۹
آسترو	۰/۳۸ متر	پایین	۱۹۹۰ - ۱۹۹۵
هابل (مرئی، فرابنفش نزدیک)	۲/۴ متر	پایین	۱۹۹۰ -
روسات	۰/۵۸ متر	پایین	۱۹۹۰ - ۱۹۹۸
کاوشگر فرابنفش کرانه (EUVE)	۰/۴ × ۲ متر	پایین	۱۹۹۲ - ۲۰۰۱
سوهو (ابزار EIT)	۰/۱۲ متر	۱/۵ میلیون کیلومتری (نقطه‌ی L1)	۱۹۹۵ -
کاوشگر طیف سنجی	۴ آینه‌ی	پایین	۱۹۹۹ - ۲۰۰۷
فرابنفش دور (FUSE)	۳۵ × ۳۹ سانتی‌متری		
کاوشگر تحول کهکشان (GALEX)	۰/۵ متر	پایین	۲۰۰۳ -

رصدخانه‌ی فرابنفش آسترو



تلسکوپ‌هایی در مدار

بیش‌تر تلسکوپ‌های فرابنفش سوار بر ماهواره‌هایی هستند که بسیار دورتر از مراکز هدایت روی زمین کار می‌کنند. نخستین ماهواره‌ی موفقیت‌آمیز در این زمینه، کوپرنیک بود که در سال ۱۹۷۲ پرتاب شد. رصدخانه‌ی فرابنفش آسترو چند بار به همراه شاتل فضایی به مدار رفته است و فضانوردان با آن کار کرده‌اند. این رصدخانه با شاتل به زمین بازمی‌گردد و هر بار بازبینی و تعمیر می‌شود.

رصدخانه‌ی فرابنفش آسترو با سه تلسکوپ که هم‌زمان به ستاره یا کهکشان یکسانی نگاه می‌کردند. این رصدخانه تصویر فرابنفش می‌گرفت و هم‌زمان طیف جسم را در طول موج‌های فرابنفش بررسی می‌کرد.

کف آن بر بخش بار شاتل نصب می‌شود.

گازهای درخشان در جوّ خورشید

تصویر خورشید در طول موج فرابنفش کرانه، پوسته‌ای نازک و وصله‌وصله از گاز درخشان را نشان می‌دهدکه کره‌ای سیاه را احاطه کرده است. تصویر، کُدبندیِ رنگی شده است تا درخشندگی‌های متفاوت را نمایان کند. سطح مرئی خورشید، با دمای ۵۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد، خنک‌تر از آن است که فرابنفش کرانه بفرستد؛ به همین سبب، تیره به‌نظر می‌رسد. فراتر از سطح، در فام‌سپهر دمای گاز به مرور افزایش می‌یابد. در لایه‌های بالایی آن به بیش از ۱۰۰هزار درجه‌ی سانتی‌گراد هم می‌رسد و در طول موج فرابنفش بسیار درخشان می‌تابد. دما و چگالی گاز با تغییرات میدان مغناطیسی خورشید تغییر می‌کند.

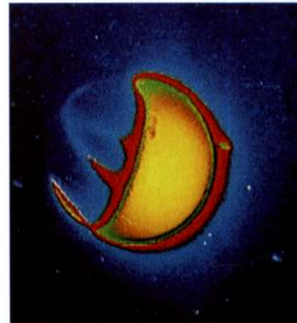


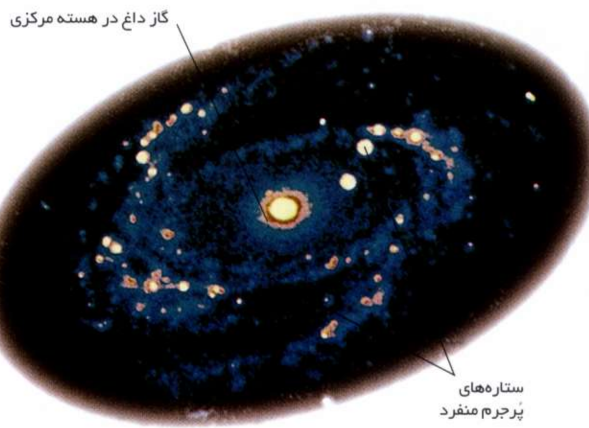
در کُدبندی رنگی (رنگ‌آمیزی کاذب برای نشان دادن داده‌های علمی) تصاویر فرابنفش، قرمز کم‌فروغ‌ترین گاز و سفید درخشان‌ترین است.



هاله‌ی زمین

اگر زمین را با تلسکوپ فرابنفش نگاه کنیم، اطراف آن را هاله‌ی درخشانی احاطه کرده است. اتم‌ها در جوّ بالایی با ذرات باردار باد خورشیدی برخورد می‌کنند؛ به همین سبب، بسیار گرم و درخشنده می‌شوند. روی نیمه‌ی تاریک زمین (چپ) نوارهای درخشان به شفق‌های قطبی مربوط‌اند.



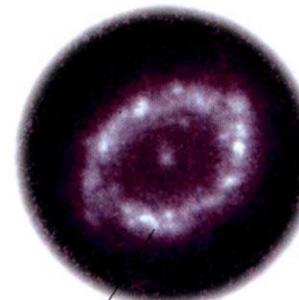


ستاره‌های داغ در کهکشان‌ها

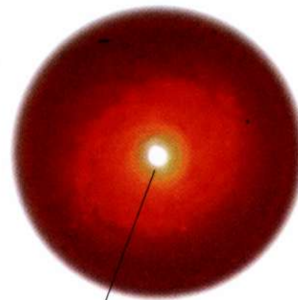
دیدنی‌ترین حالت کهکشان‌های مارپیچی، تصویر آن‌ها در طول موج فرابنفش است که در آن، فقط داغ‌ترین ستاره‌ها نمایان می‌شوند. در این‌جا، تلسکوپ آسترو نگاهی به کهکشان M۸۱ انداخته است. این کهکشان مارپیچی در فاصله‌ی ۱۲ میلیون سال نوری از ما، در صورت فلکی دب اکبر قرار دارد. نقاط درخشان، خوشه‌هایی از ستارگان پُرجرم‌اند؛ ستاره‌هایی ۱۰ بار داغ‌تر از خورشید که سوخت عظیمشان را سریع مصرف می‌کنند و عمرشان زود تمام می‌شود.

کهکشان فوران ستاره (بسیار ستاره‌ساز)

کهکشان M۹٤ کهکشانی است که به‌تازگی در آن فورانِ پیدایش تعداد عظیمی ستاره رخ داده است. البته اگر آن را با تلسکوپ نور مرئی تماشا کنیم، فقط برآمدگی درخشان مرکزی آن دیده می‌شود که بیش‌تر از ستاره‌های پیر و سرد تشکیل شده است. تصویر فرابنفش این کهکشان، که با تلسکوپ آسترو گرفته شده است، ساختاری کاملاً متفاوت نشان می‌دهد. به جای برآمدگی مرکزی حلقه‌ی عظیمی از ستاره‌های داغ جوان دیده می‌شوند که در ۱۰ میلیون سال گذشته شَکل گرفته‌اند.



تصویر M۹۴ در نور مرئی



تصویر M۹۴ در فرابنفش

سال‌شمار اخترشناسی فرابنفش

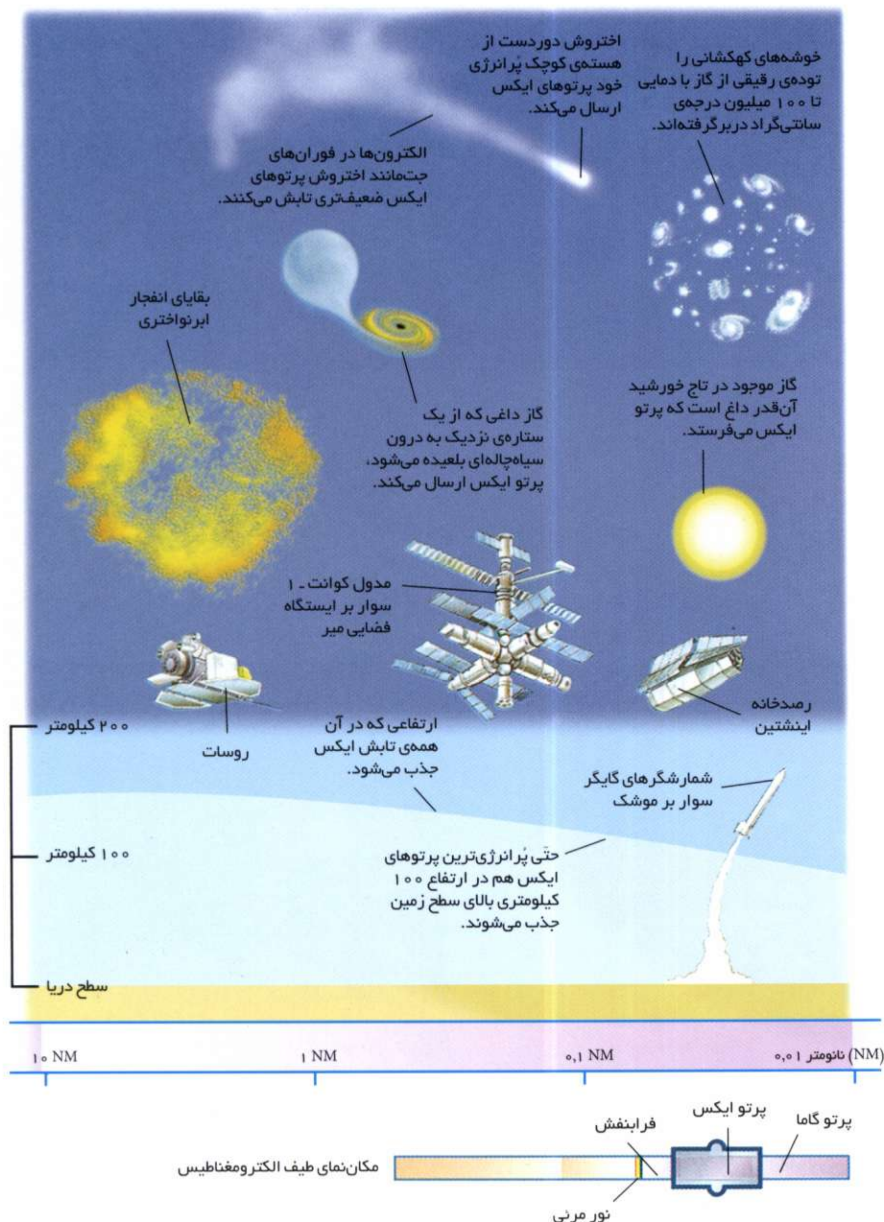
- در سال ۱۸۰۱، یوهان ریتر (۱۸۱۰-۱۷۷۶)، فیزیک‌دان آلمانی، کشف کرد که ماده‌ی شیمیایی کلرید نقره، که به نور حساس است، در برابر تابش نامرئی از بخش بنفش طیف نور خورشید سیاه می‌شود.
- نخستین طیف فرابنفش خورشید را در سال ۱۹۴۶ ابزاری سوار بر موشک V۲ آلمانی تهیه کرد.
- فضانوردان مأموریت آپولو ۱۶ در سال ۱۹۷۲، رصدخانه‌ی فرابنفش کوچکی روی ماه نصب کردند و به رصد زمین و ستاره‌های داغ پرداختند.
- در سال ۱۹۷۳، ماهواره‌ی کوپرنیک میزان دوتریم (هیدروژن سنگین) باقی‌مانده از انفجار بزرگ را سنجید. در همین حال، ایستگاه فضایی اسکای‌لب (SKYLAB) کشف کرد که جوّ خورشید با «حفره‌های تاجی» خالی لکه لکه شده است.
- پرتوهای فرابنفش کرانه از چشمه‌های کیهانی در مأموریت فضایی آپولو ـ سایوز در سال ۱۹۷۵ کشف شدند.
- در سال ۱۹۷۸، ماهواره‌ی بین‌المللی کاوشگر فرابنفش (IVE) مقادیر عظیمی نیتروژن در ستاره‌ی منفجر شده‌ی نواختر دجاجه ـ ۱۹۷۸ کشف کرد.
- در سال ۱۹۸۷، کاوشگر فرابنفش بین‌المللی فوران تابشی را از ابرنواختر ۱۹۸۷ A ثبت کرد که فاصله‌ی دقیق ابرنواختر را به دست می‌داد. به این ترتیب، فاصله تا کهکشان میزبان آن، ابربزرگ ماژلان، نیز به‌دست آمد.
- در طرح نقشه‌برداری فرابنفش روسات در سال ۱۹۹۰، بیش از هزار ستاره‌ی داغ کشف شد که در طول موج فرابنفش کرانه تابش می‌کردند.

بیش‌تر بدانیم

تحلیل نور ۲۴
تابش‌هایی از فضا ۲۶
شاتل فضایی ۷۴
جوّ خورشید ۱۷۸
کهکشان‌ها ۲۳۰

اخترشناسی پرتو ایکس

آسمان در طول موج‌های پرتو ایکس کاملاً ناآشنا به‌نظر می‌رسد. در این طول موج، آسمان پر از توده‌های عظیم و درخشان گاز و ستاره‌های پرتو ایکس عجیب و متغیر است. پرتو ایکس نوعی از تابش با انرژی زیاد و طول موج کوتاه است که اغلب اجسامی داغ‌تر از یک میلیون درجه از خود ارسال می‌کنند و نقاط داغ عالم را نشان می‌دهند. جوّ خورشید و جوّ ستاره‌های مشابه آن نیز چنان داغ است که پرتو ایکس با فروغ بسیار کمی می‌درخشد. بقایای اَبَرنواَخترها و گازهای اطراف تَپ‌اخترها و سیاه‌چاله‌ها، جایی که دما ممکن است به ۱۰۰میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد برسد، منابع بسیار قوی‌تر پرتو ایکس هستند.

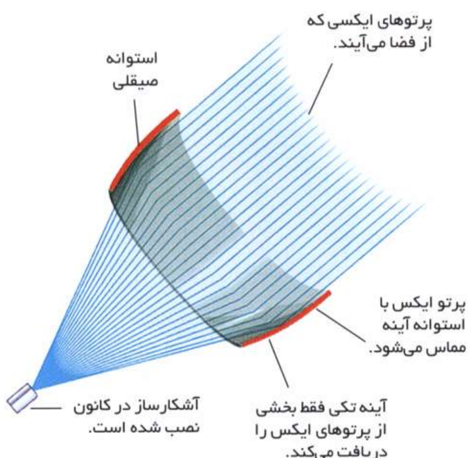


طیف پرتو ایکس

پرتو ایکس تابشی پُرانرژی با طول موج بین ۰/۰۱ تا ۱۰ نانومتر است؛ یعنی طول موجی بسیار کوتاه‌تر از نورمرئی. پرتوهای ایکس با کوتاه‌ترین طول موج، بیش‌ترین انرژی را حمل می‌کنند. پرتو ایکس روی زمین به شدت نفوذکننده است و پزشکان از آن برای دیدن درون بدن استفاده می‌کنند؛ اما جوّ بالایی، همه‌ی پرتو ایکس فضایی را جذب می‌کند و حیات را در برابر این پرتوهای مرگ‌بار ایمن نگه‌می‌دارد. بنابراین باید آشکارسازهای پرتو ایکس را، به کمک موشک‌ها یا ماهواره‌ها، به فراتر از جوّ زمین حمل کنیم.

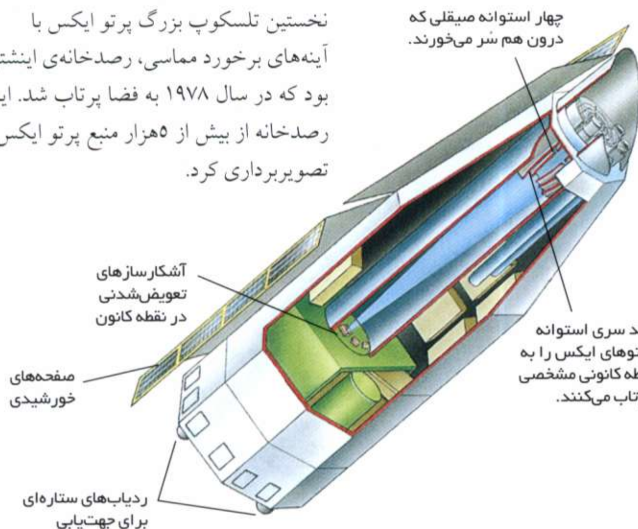
تلسکوپ‌های پرتو ایکس

کانونی کردن پرتوهای ایکس بسیار مشکل است؛ زیرا آینه‌های منحنی معمولی آن‌ها را جذب می‌کنند و بازتاب نمی‌دهند. این پرتو فقط در صورتی بازتاب می‌شوند که با زاویه‌ای بسیار کُند با سطحی فلزی برخورد کنند؛ در حقیقت، مانند گلوله‌ای که از سطح دیوار کمانه می‌کند، نور باید با این سطح فقط مماس شود. در تلسکوپ‌های پرتو ایکس از استوانه‌های فلزی بسیار صیقلی درهم‌رونده‌ای برای کانونی کردن نور استفاده می‌کنند که در حقیقت، همین آینه‌های برخورد مماسی‌اند.



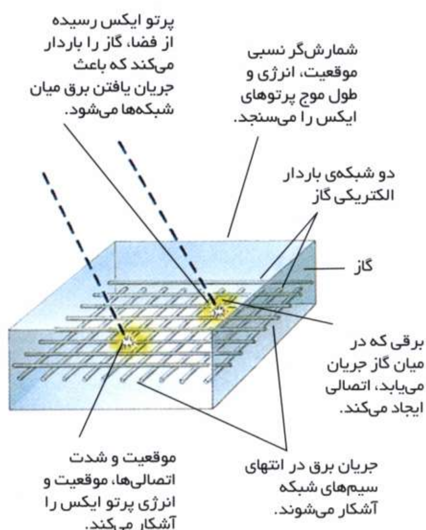
رصدخانه‌ی اینشتین

نخستین تلسکوپ بزرگ پرتو ایکس با آینه‌های برخورد مماسی، رصدخانه‌ی اینشتین بود که در سال ۱۹۷۸ به فضا پرتاب شد. این رصدخانه از بیش از ۵هزار منبع پرتو ایکس تصویربرداری کرد.



ماهواره‌های مهم پرتو ایکس

نام	ابعاد آینه به متر	تاریخ کار	کشور
اُهورو	۰/۲۸	۱۹۷۰ - ۱۹۷۳	ایالات متحده
اریل۵	۰/۱۷	۱۹۷۴ - ۱۹۸۰	انگلستان
MEAO ـ۱	۱	۱۹۷۷ - ۱۹۷۹	ایالات متحده
رصدخانه‌ی اینشتین	۰/۵۸	۱۹۷۸ - ۱۹۸۱	ایالات متحده
اگزوسَت	۲ × ۰/۳	۱۹۸۳ - ۱۹۸۶	اروپایی
گینگا	۰/۶۳	۱۹۸۷ - ۱۹۹۱	ژاپن
کوانت ـ ۱	۰/۲۵	۱۹۸۷ - ۱۹۹۹	روسیه
روسات	۰/۸	۱۹۹۰ - ۱۹۹۹	ایالات متحده ـ آلمان
یوهکو (YOHKOH) تلسکوپ خورشیدی	ـــ	۱۹۹۱ - ۲۰۰۱	ژاپن
رصدخانه‌ی پرتو ایکس چاندرا	۱/۲	۱۹۹۹ -	ایالات متحده
رصدخانه‌ی پرتو ایکس چندآینه‌ای (XMM ـ نیوتن)	۳ × ۰/۷	۱۹۹۹ -	اروپا
کاوشگر زمان‌سنج ایکس راسی (RXTE)	ـــ	۱۹۹۹ -	اروپا
اینتگرال (ایکس و گاما)	ـــ	۲۰۰۲ -	اروپا
سوییفت (SWIFT)، رصدخانه‌ی چند طول موجی	ـــ	۲۰۰۴ -	ایالات متحده
هینوده (HINODE)	ـــ	۲۰۰۶ -	ژاپن



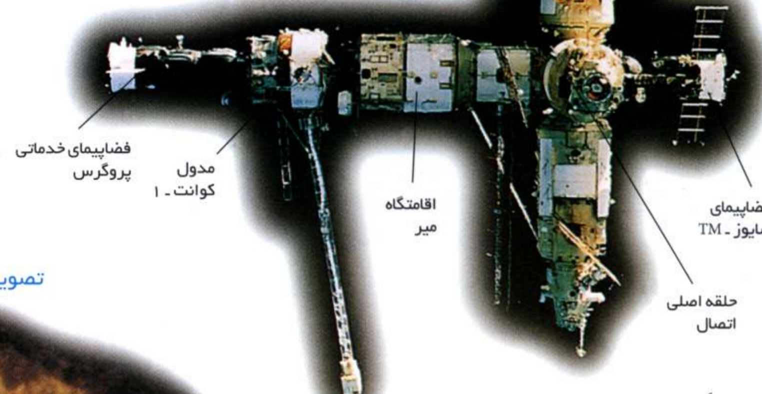
آشکارسازی پرتو ایکس

اخترشناسان در کانون تلسکوپ پرتو ایکس از دو نوع آشکارساز استفاده می‌کنند: CCD، آشکارسازی الکترونیک است که در بیش‌تر تلسکوپ‌های مرئی هم از آن استفاده می‌شود و به سادگی تعداد پرتوهای ایکسی را که با آن برخورد دارد، ثبت می‌کند. شمارش‌گر نسبی، نسخه‌ی حسّاس شمارش‌گر گایگر که برای آشکار کردن تابش‌ها روی زمین از آن استفاده می‌شود، معادل پرتو ایکس دریافتی در نقاط آشکارساز یک تصویر رنگی را می‌سازد.

تلسکوپ میر

ایستگاه فضایی سرنشین‌دار میر طی سال‌های فعالیت خود رصدخانه‌ای در مدار نیز بود. آزمایشگر علمی کوانت ـ ۱ سوار بر آن یک تلسکوپ پرتو ایکس را حمل می‌کرد که با استفاده از نقابی پوشاننده، که بخش‌هایی از تصویر را می‌پوشاند، تصویر را واضح‌تر می‌کرد. این تلسکوپ، با رصد اَبَرنواختر A۱۹۸۷، خطوط نشری را در طیف پرتو ایکس کشف کرد که ثابت می‌کرد ستاره‌ی منفجر شده عناصر رادیواکتیو ایجاد کرده است.

ایستگاه فضایی میر



نگاه روسات به ماه

در این تصویر شبح‌مانند، سمت راست ماه با پرتوهای ایکس خورشید روشن شده است و می‌درخشد. سمت تیره‌ی ماه به شکل شبحی در میان انبوه نقاط پراکنده دیده می‌شود. اغلب این نقاط نشان‌دهنده‌ی منابع پرتو ایکس‌اند و بسیاری از آن‌ها از کهکشان‌های دوردست می‌آیند. اما تمام نقاط درخشان روی بخش تیره‌ی ماه و برخی از نقاط زمینه‌ی تصویر نوفه(نویز)های الکترونیک در آشکارساز پرتو ایکس هستند که باید از چشمه‌های واقعی ایکس جدا شوند.

بقایای اَبَرنواختر

حدود ۱۱هزار سال پیش، اَبَرنواختری در صورت فلکی بادبان (شِراع) ظاهر شد که مربوط به ستاره‌ای در فاصله‌ی ۱۶۰۰ سال نوری از ما بود. این انفجار، در درخشان‌ترین حالت، احتمالاً به اندازه‌ی ماه کامل در آسمان ما می‌درخشیده است. اما همه‌ی آنچه امروز از آن باقی است، توده‌ای عظیم از گاز داغ به قطر ۱۴۰ سال نوری است. تلسکوپ‌های نور مرئی به ندرت می‌توانند آن را آشکار کنند؛ اما تلسکوپ پرتو ایکس حساس روسات این گاز را آشکار کرد که در برخی نقاط دمای آن ۸میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد است. روسات هم‌چنین باقی‌مانده‌ی ابرنواختر دیگری به نام کشتیدم A را کشف کرده که بسیار کوچک‌تر و دورتر است.

تصویر روسات از بقایای انفجار ابرنواختری در بادبان

منبع کشتیدم A، ۶هزار سال نوری از خورشید فاصله دارد. عمر این منبع ۴هزار سال است و دمای گاز آن هنوز ۱۰میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد است.

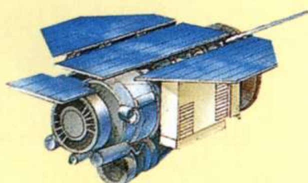
نواحی درخشان‌تر مناطق داغ‌تر را نشان می‌دهند.

نواحی کم فروغ دماهای کمتر گاز را نشان می‌دهد ـ حدود یک میلیون درجه سانتی‌گراد

تپ‌اختر بادبان باقی‌مانده‌ی ستاره‌ای است که منفجر شد.

سال‌شمار
اخترشناسی پرتو ایکس

- پرتوهای ایکس خورشید، نخستین بار در سال ۱۹۴۹ کشف شد.
- در سال ۱۹۶۲، یک آشکارساز پرتو ایکس سوار بر موشک، نخستین منبع پرتو ایکس فراتر از منظومه‌ی شمسی، عقرب X ـ۱، را یافت.
- در سال ۱۹۷۱، ماهواره‌ی اُهورو نخستین شواهد وجود سیاه‌چاله‌ها را کشف کرد: این شواهد پرتوهای ایکس از دجاجه X ـ۱ بودند. این ماهواره همچنین پرتوهای ایکسی از گاز در خوشه‌های کهکشانی دوردست یافت.
- رصدخانه‌ی اینشتین، که در سال ۱۹۷۸ به فضا پرتاب شد، کشف کرد که اختروش‌ها و برخی ستارگان جوان، پرتو ایکس می‌تابانند.
- در سال ۱۹۸۷، تلسکوپ پرتو ایکس سوار بر ایستگاه فضایی میر پرتوهای ایکس یک اَبَرنواختر را آشکار کرد.
- روسات در سال ۱۹۹۰ به فضا پرتاب شد. این تلسکوپ ۱۰۰ هزار منبع پرتو ایکس کشف کرد.
- چاندرا در سال ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد. این رصدخانه‌ی پرتو ایکس در این رشته از اخترشناسی، انقلابی ایجاد کرد.



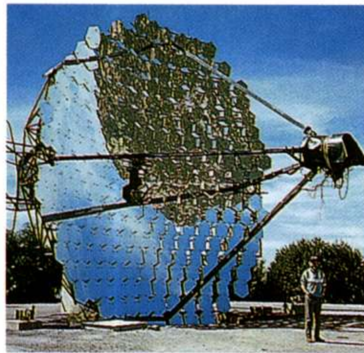
تلسکوپ پرتو ایکس روسات

بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ چگونه کار می‌کند؟ ۱۸
تابش‌هایی از فضا ۲۶، ابرنواخترها ۲۰۴
ستاره‌های نوترونی ۲۰۶، سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸

اخترشناسی پرتو گاما

پرتوهای گاما مهیب‌ترین و فاجعه‌بارترین روی‌دادها و اجرام، مانند تَپ‌اَخترها، اختروش‌ها و سیاه‌چاله‌ها را در گوشه و کنار عالم نمایان می‌کند. این تابش کوتاه‌ترین طول موج و بیش‌ترین انرژی را در میان انواع تابش‌ها دارد. هیچ ابر گاز یا ستاره‌ای آن‌قدر داغ نیست که در این طول موج‌ها تابش کند، با آن‌که واکنش‌های هم‌جوشی هسته‌ای در مرکز تمام ستاره‌ها فقط پرتو گاما تولید می‌کنند، سطح ستاره برای تولید چنین پرتوی به اندازه‌ی کافی داغ نیست. در عوض، اتم‌های رادیواکتیو در فضا پرتوهای گاما تولید می‌کنند. به‌علاوه، بر اثر برخورد شدید ذراتی که با سرعت حدود سرعت نور به یک‌دیگر می‌خورند یا وقتی ماده و پادماده یک‌دیگر را نابود می‌کنند، این پرتو تولید می‌شود. اخترشناسی پرتو گاما هنوز در دوره‌ی نوزادی است و اخترشناسان باید منابع بسیاری را در این تابش پُرانرژی شناسایی کنند.

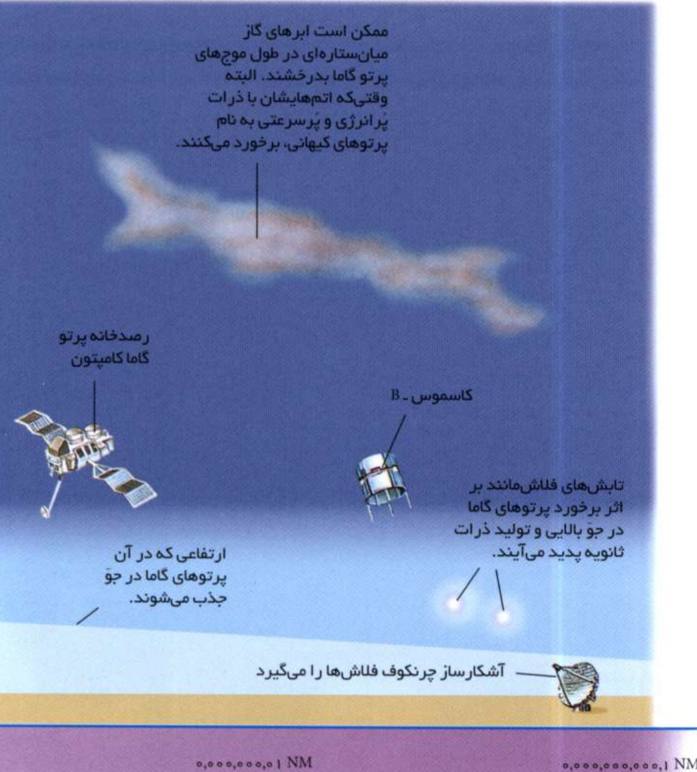

آشکارساز چرنکوف در آریزونا

آشکارساز چرنکوف

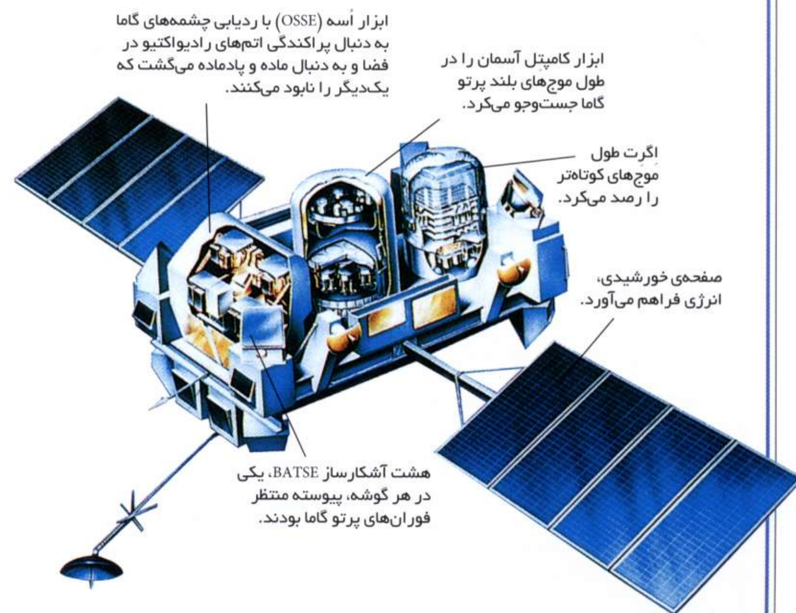
پرتوهای گامای فضایی هرگز به زمین نمی‌رسند. اما ابزارهای زمینی آن‌ها را آشکار می‌کنند؛ زیرا با برخورد هر پرتو پُرانرژی گاما با جوّ زمین، ذرات ثانویه‌ی بسیاری به پایین سرازیر و سبب تابشی ضعیف در اتم‌های هوا می‌شوند که با بررسی آن می‌توان اطلاعاتی از پرتو گامای اولیه به‌دست آورد. یک آشکارساز چرنکوف نور را مانند تلسکوپی عادی جمع‌آوری می‌کند؛ اما مترصّد شکار تابش‌های ثانویه‌ی حاصل از ورود پرتو گاما به جوّ زمین است. هر تابش، درفشی کوتاه است که فقط چند میلیاردم ثانیه دوام می‌آورد.

طیف پرتو گاما

حتی بلندترین طول موج‌های پرتو گاما، که با پرتو ایکس هم‌مرز است، طول موجی کوتاه‌تر از قطر یک اتم دارد. هیچ حدّ پایینی برای طول موج‌های پرتو گاما وجود ندارد: کوتاه‌ترین تابشی که تا به حال کشف شده، یک میلیون میلیارد بار کوتاه‌تر از طول موج نور عادی است. چنین پرتوهای گامایی با این طول موج کوتاه معمولی نیستند؛ زیرا اجرامی چنان پُرانرژی، که آن‌ها را ایجاد کنند، در عالم بسیار نادرند. تمام پرتو گامای آمده از فضا در جوّ زمین جذب می‌شود. جوّ زمین در این‌جا هم سپر نجات‌بخش حیات در مقابل عامل تهدیدکننده‌ای از فضای بی‌کران است.

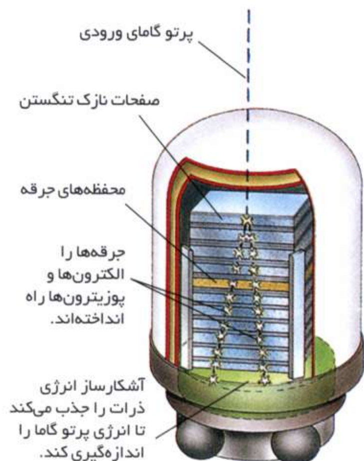


پرتو گاما
پرتو ایکس
مکان‌نمای طیف الکترومغناطیس
نور مرئی



رصدخانه‌ی پرتو گامای کامپتون

رصدخانه‌ی پرتو گامای ۱۷ تُنی کامپتون سنگین‌ترین رصدخانه‌ای است که تا به حال به فضا پرتاب شده است و دومین «رصدخانه‌ی بزرگ» ناسا بود (تلسکوپ فضایی هابل نخستین آن‌ها بود). این ماهواره چهار آشکارساز حمل می‌کرد و از روش‌های گوناگونی برای تهیه‌ی تصاویر گاما از آسمان در دو طیف متفاوت و برای بررسی طیف و فوران‌های پرتو گاما استفاده می‌کرد. این رصدخانه از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰ فعال بود و سرانجام در پایان مأموریت خود، در جوّ زمین سوخت. در این مدت شمار چشمه‌های گامای شناخته شده ده برابر شد (حدود ۴۰۰ عدد) و حدود ۲۵۰۰ فوران گذرای گاما نیز ثبت گردید.

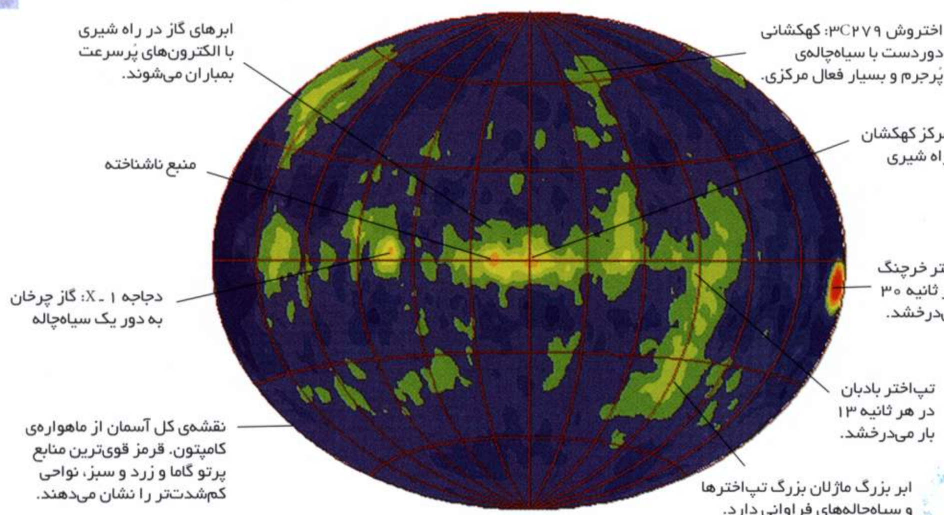


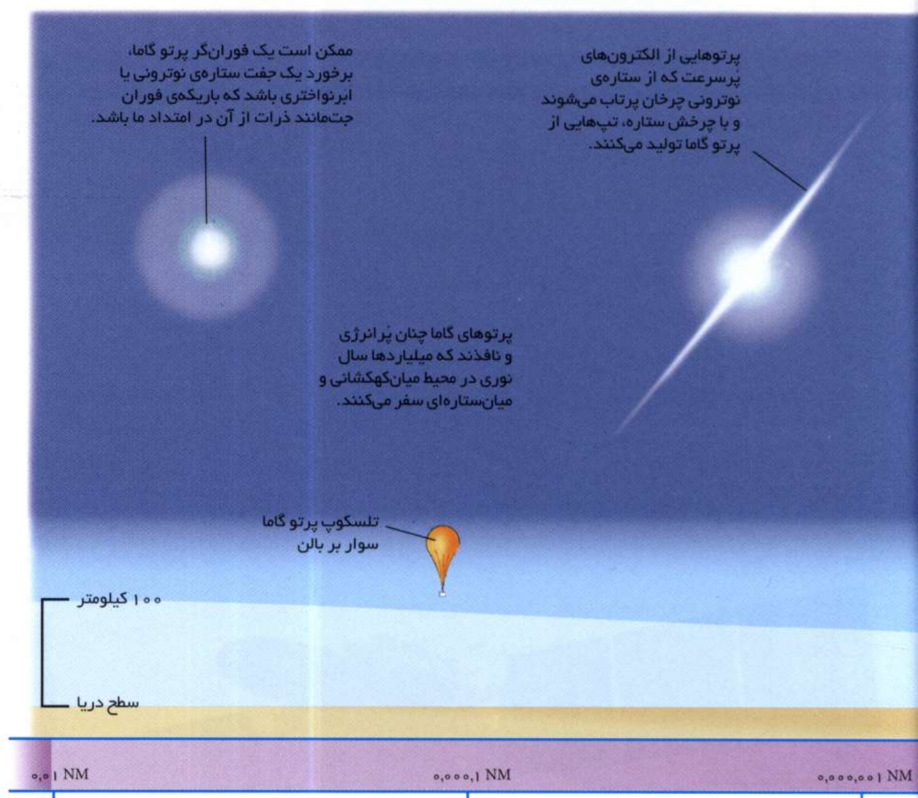
آشکارسازی پرتو گاما

پرتوهای گاما مستقیم از میان آینه یا عدسی می‌گذرند و بازتاب نمی‌شوند. پس در آشکارسازهای فضایی گاما برای تشکیل تصویر، از روش‌های غیرمستقیم استفاده می‌شود. در آشکارساز اِگرِت پرتوهای گاما از میان لایه‌های نازک تنگستن فلزی می‌گذرند و هنگام برخورد با اتم تنگستن، دو ذره (یک الکترون و یک پوزیترون) تولید می‌کنند. مسیر این ذرات به کمک قفسه‌ای از محفظه‌های جرقه، که مانند شمارشگر در آشکارسازهای پرتو ایکس عمل می‌کنند، محاسبه می‌شود.

آسمان در پرتو گاما

آسمان در طول موج‌های گاما بسیار متفاوت است. هیچ یک از ستاره‌ها و صورت‌های فلکی معمول را نمی‌بینیم. در عوض، ابرهای گازی وسیع و درخشانی در سراسر دید گسترده شده‌اند. در میان آن‌ها، نقاط درخشانی به‌چشم می‌آید که مانند فلاش روشن و خاموش می‌شوند. برخی از آن‌ها، تَپ‌اخترهایی هستند که فلاش زدن‌هایشان تناوب منظمی دارد. بقیه، که فوران‌گر پرتو گاما نامیده می‌شوند، فقط چند ثانیه بسیار شدید می‌درخشند و نورشان در آن مدت کوتاه، هر چیز دیگری را در آسمان پرتو گاما تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. منشأ این فوران‌های زودگذر حوادث مهیبی مانند اَبَرنواختر در کهکشان‌های بسیار دوردست است. فوران‌گرهای گاما چنان انفجارهای پُرانرژی‌ای هستند که اگر در کهکشان ما رخ دهند، به پدیده‌ی بی‌نظیری در آسمان تبدیل می‌شوند و اگر در همسایگی کهکشانی ما باشند، حتی ممکن است جوّ زمین و حیات را در خطر قرار دهند.





سال‌شمار اخترشناسی پرتو گاما

• نخستین آزمایش‌های اخترشناسی پرتو گاما سوار بر موشک‌ها و ماهواره‌های رصدخانه‌ی مداری خورشیدشناس ناسا در دهه‌ی ۱۹۶۰ انجام شد.

• فوران‌های پرتو گاما را ماهواره‌های نظامی وِلای آمریکا، که برای ثبت آزمایش‌های هسته‌ای روی زمین طراحی شده بودند، در سال ۱۹۶۹ کشف کردند. در ابتدا تصور می‌شد این‌ها آزمایش‌های هسته‌ای شوروی در مدار زمین هستند.

• در سال ۱۹۷۲، ماهواره‌ی SAS−۲ تَپ‌های پرتو گامایی از تَپ‌اخترهای سحابی خرچنگ و سحابی بازمانده‌ی اَبَرنواختری بادبان دریافت کرد.

• در سال ۱۹۷۷، گمنیگا، سومین منبع قوی پرتو گاما کشف شد که در دیگر طول موج‌ها تقریباً اثری از آن نبود. گمنیگا نزدیک‌ترین ستاره‌ی نوترونی به ماست.

• در سال ۱۹۷۸، ماهواره‌ی COS−B نخستین بار پرتوهای گامایی از یک اختروش به نام ۳C۲۷۳ دریافت کرد.

• در سال ۱۹۷۹، طی آزمایشی در یک بالُن بلند پرواز، پرتوهای گامای حاصل از نابودی ماده و پادماده در نزدیکی مرکز کهکشان راه شیری کشف شد.

• در سال ۱۹۹۸، اخترشناسان با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده به وسیله‌ی رصدخانه‌ی پرتو گامای کامپتون، فوران‌های انفجاری پرتو گاما (GRB) را در کهکشان‌های بسیار دوردست کشف کردند.

• در سال‌های اول دهه‌ی ۲۰۰۰ میلادی، نشانه‌های بسیاری دال بر ارتباط اَبَرنواخترها و فوران‌های گاما به‌دست آمد و مشخص شد دست کم منشأ شماری از این فوران‌ها، انفجارهای اَبَرنواختری است.

تلسکوپ‌های مهم پرتو گاما

نام	مدار	تاریخ
وِلا A۵ و B۵	مرتفع	۱۹۶۹ - ۱۹۷۹
SAS ـ ۲	پایین	۱۹۷۲ - ۱۹۷۳
COS-B	بیضوی	۱۹۷۵ - ۱۹۸۲
HEAO ـ ۳	پایین	۱۹۸۱ - ۱۹۷۹
گرانات ـ سیگما	بیضوی	۱۹۸۹ -
رصدخانه‌ی پرتو گامای کامپتون	پایین	۱۹۹۱ - ۲۰۰۰
HETE ـ ۲ (کاوشگر درخشش‌های گذرای پرانرژی)	—	۲۰۰۰ -
اینتگرال	بیضوی	۲۰۰۲ -
سوییفت (SWIFT)	پایین	۲۰۰۴ -
AGILE (متعلق به ایتالیا)	—	۲۰۰۷ -
GLAST (تلسکوپ فضایی مساحت بزرگ پرتو گاما)	—	۲۰۰۸ -

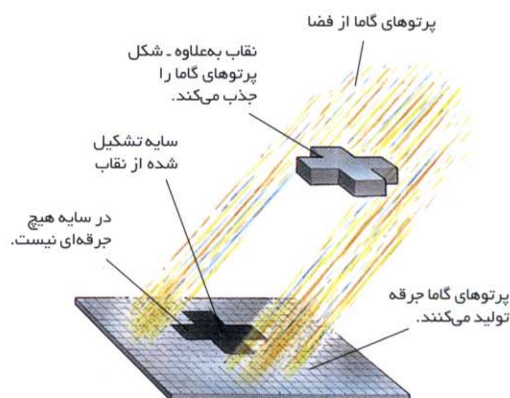
بیش‌تر بدانیم

تابش‌هایی از فضا ۲۶، اخترشناسی پرتو ایکس ۳۴، ستاره‌های نوترونی ۲۰۶
سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸، کهکشان‌های فعال ۲۳۶

نقاب‌های رمزگذاری شده

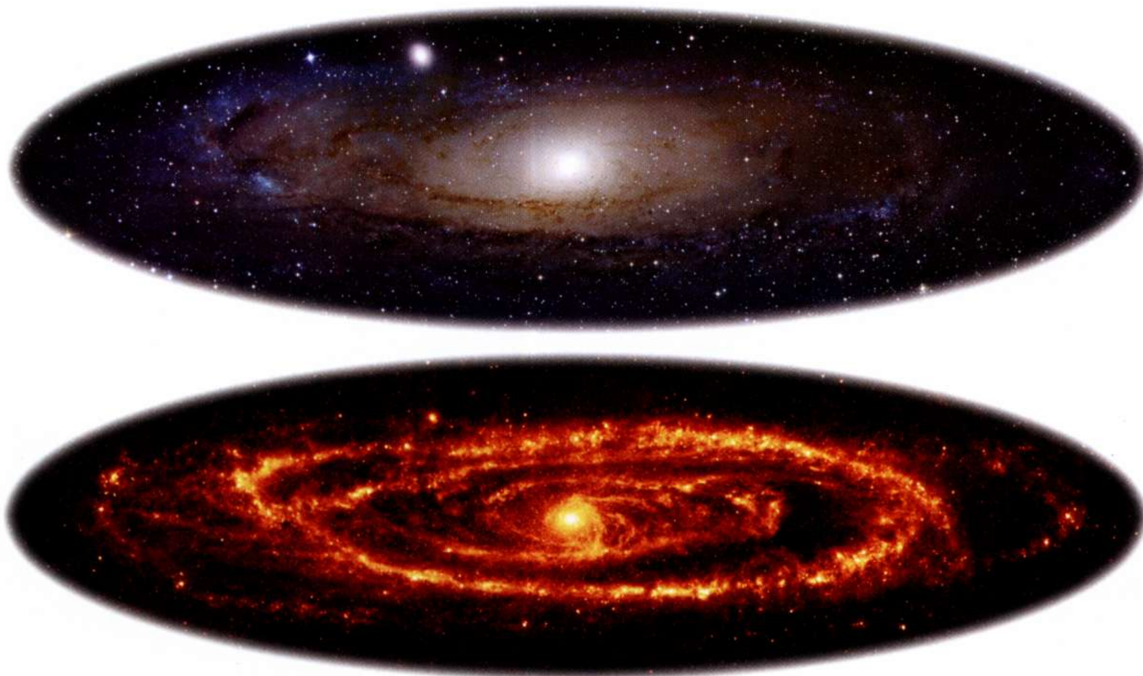
پرتوهای گاما کانونی نمی‌شوند؛ اما ماسک یا نقاب‌های رمزگذاری شده راهی برای ایجاد تصاویر پرتو گاما با وضوح زیاد هستند. این نقاب شبکه‌ای از ماده‌ی جذب‌کننده‌ی پرتو گاما با الگویی خاص است که بالای محفظه‌ی جرقه قرار می‌گیرد. وقتی این نقاب در معرض تابشی از یک منبع پرتو گاما قرار می‌گیرد، سایه‌ای از آن بر نقاطی می‌افتد که در آن‌ها هیچ پرتو گامایی آشکار نشده است. موقعیت این سایه، موقعیت منبع پرتو گاما را بسیار به دقت نشان می‌دهد.

آشکارساز پرتو گاما نقاب رمزگذاری شده



جلوه‌هایی از اخترشناسی نامرئی

در سال‌های اخیر، با رشد اخترشناسی در طول موج‌های غیرمرئی، دانشمندان بسیاری به کمک مقایسه‌ی داده‌ها و تصاویر جرم‌های آسمانی در بخش‌های متفاوت طیف، به کشف‌های بزرگی دست زده‌اند. تلسکوپ‌هایی که در زمین و فضا در بیش‌تر طیف الکترومغناطیس به کیهان می‌نگرند، امکان این پژوهش‌های جدید را فراهم آورده‌اند.



کهکشان آندرومدا

نزدیک‌ترین همسایه‌ی بزرگ راه شیری است. این جزیره‌ی کیهانی، اجتماعی از حدود ۴۰۰میلیارد ستاره است. در تصویر نور مرئی (بالاتر) ستاره‌های جوان و آبی در بازوها و صفحه‌ی کهکشان مشخص‌ترند؛ در حالی‌که تصویر فروسرخ تلسکوپ فضایی اسپیتزر (با رنگ‌آمیزی کاذب) ستاره‌های آبی را نشان می‌دهد که در فرابنفش و مرئی خوب می‌درخشند. اما به جای آن، انبوه سحابی‌های سردتر در بازوها و نواحی مرکزی کهکشان دیده می‌شوند.



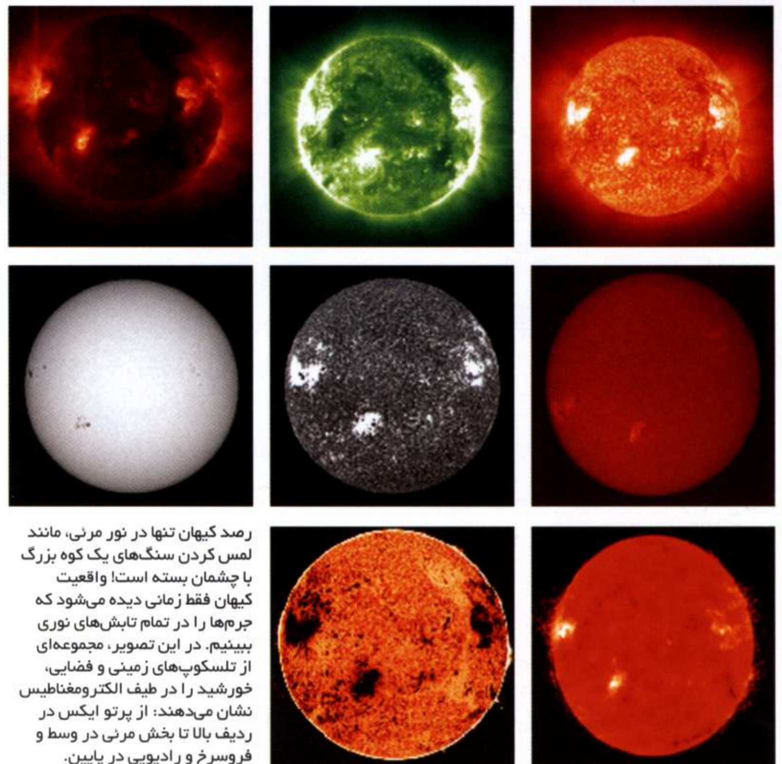
سحابی خرچنگ بازمانده‌ی انفجار ستاره یا ابرنواختری است که حدود هزار سال پیش، در صورت فلکی ثور دیده شد. گاز ستاره‌ی نابود شده با سرعت بسیاری در حال پخش شدن در فضاست. چهار تصویر کوچک، همه‌ی سحابی را در نور مرئی، فرابنفش، فروسرخ و امواج رادیویی نشان می‌دهد. اما ماهیت واقعی قلب سحابی خرچنگ، در تصویر بزرگ در پرتو ایکس از نگاه تلسکوپ چاندرا دیده می‌شود. هسته‌ی بازمانده از ستاره، که پس از فروریزش به ستاره‌ی نوترونی تبدیل شده، قرصی از گازهای داغ را به دور خود جمع کرده و فورانی جت‌مانند از ذرات از دو سوی مرکز به بیرون پرتاب شده است.



تلسکوپ فضایی چاندرا

رصدخانه‌ی فضایی چاندرا

یکی از چهار رصدخانه‌ی فضایی بزرگ ناسا، که در سال ۱۹۹۹ با شاتل فضایی به فضا رفت، رصدخانه‌ی چاندرا بود. این تلسکوپ بزرگ پرتو ایکس در مداری کشیده به فاصله‌ی ۱۰هزار تا ۱۴۰هزار کیلومتری زمین است. این رصدخانه، به یاد چاندرا سکار، اخترشناس بزرگ هندی قرن بیستم، نامیده شده است. آینه‌های استوانه‌ای و تو در توی تلسکوپ، دهانه‌ای به قطر ۱/۲ متر دارند؛ اما در مجموع توان گردآوری نوری آن‌ها معادل یک آینه‌ی ۰/٤ متری است. این نخستین تلسکوپ با توان تفکیک کم‌تر از یک ثانیه‌ی قوس در پرتو ایکس تحول بزرگی را در این بخش از اخترشناسی ایجاد کرد. برخی از مهم‌ترین تصاویر و داده‌های آن به این ترتیب است: نخستین تصویر پرتو ایکس از بازمانده‌ی اَبَرنواختری ذات‌الکرسی ـ A، اولین تصاویر ایکس از منبع قوس ـ A که سیاه‌چاله‌ی مرکزی کهکشان راه شیری است، ثبت انبوه گازهای داغ و درخشان در فضای میان‌کهکشانی، کمک به کشف نشانه‌های ماده‌ی تاریک، کشف سیاه‌چاله‌های اَبَرپُرجرم در مرکز کهکشان‌های دور و نزدیک و تصاویری از شفق‌های قطبی در جوّ سیارات زحل و مشتری.



رصد کیهان تنها در نور مرئی، مانند لمس کردن سنگ‌های یک کوه بزرگ با چشمان بسته است! واقعیت کیهان فقط زمانی دیده می‌شود که جرم‌ها را در تمام تابش‌های نوری ببینیم. در این تصویر، مجموعه‌ای از تلسکوپ‌های زمینی و فضایی، خورشید را در طیف الکترومغناطیس نشان می‌دهند: از پرتو ایکس در ردیف بالا تا بخش مرئی در وسط و فروسرخ و رادیویی در پایین.

رصدگران ایرانی پرتو گاما

دکتر جلال صمیمی، استاد دانشگاه صنعتی شریف تهران، از دانشمندان همکار در تحقیقات رصدخانه‌ی پرتو گامای کامپتون ناسا (پُرثمرترین تلسکوپ پرتو گاما تا امروز) است. پژوهش‌های او در زمینه‌ی شناخت چشمه‌های پرتو گاما و ماهیت آن‌ها، موجی از فعالیت‌های تحقیقی را در دانشگاه شریف آغاز کرد که به پدید آمدن پژوهشگران جوانی در این زمینه منجر شد. این گروه نمونه‌ای از آشکارسازهای ذرات ثانویه‌ی حاصل از ورود پرتوهای گاما به جوّ زمین را ساخته‌اند و قرار است طرح تکمیل آن، به نام رصدخانه‌ی البرز، در دشتی میان تهران و کرج پرتوهای گامای کیهانی را جست‌وجو کند.



منجم آماتوری که تلسکوپ رادیویی مبتکرانه‌ای برای دریافت امواج کیهانی ساخته است.

منجمان آماتور رادیویی

با آن‌که اخترشناسی رادیویی از بخش‌های پیش‌رو اخترشناسی حرفه‌ای امروز است، منجمان آماتور و غیر دانشگاهی نیز با گیرنده‌های ساده‌تر رادیویی به منابع قوی رادیویی آسمان گوش می‌کنند. ساخت گیرنده‌ی رادیویی برای شنیدن صدای امواج حاصل از ورود شهاب‌ها به جوّ زمین، گیرنده‌ی امواج رادیویی مشتری یا خورشید یا مرکز کهکشان، از متداول‌ترین فعالیت‌های آماتوری اخترشناسی رادیویی است.

کهکشان کلاه مکزیکی یا M۱۰۴ از دید سه تلسکوپ فضایی چاندرا، هابل و اسپیتزر در پرتو ایکس، نور مرئی و فروسرخ. ترکیب این سه تصویر (عکس بزرگ)، ناحیه‌های متفاوت کهکشان را یک‌جا نشان می‌دهد که هر کدام در طول موج خاصی دیده می‌شوند.





دانشمند ایرانی اخترشناسی رادیویی

دکتر فرهاد یوسف‌زاده اخترشناسی است که به کمک آرایه‌ی بسیار بزرگ (VLA) به کشف‌های بزرگی در زمینه‌ی فوران‌های ستاره‌ای در قلب کهکشان ما و در زمینه‌ی سیاه‌چاله‌ی بسیار پُرجرم مرکز کهکشان دست یافته است. او متولد و بزرگ شده‌ی تهران و استاد دانشگاه نوردوسترن در ایالات متحده است. محیط پُرآشوب و بسیار شگفت مرکز کهکشان در فاصله‌ی بیش از ۲۰هزار سال نوری از ما در نور مرئی و بسیاری طول موج‌های دیگر چندان پیدا نیست و یوسف‌زاده به کمک امواج عبورکننده‌ی رادیویی به قلب کهکشان نگاه می‌کند.



تصویری که از کهکشان راه شیری در آسمان می‌بینیم ناحیه‌ی مرکزی پرنورتری را نشان می‌دهد که اجتماع هزاران هزار ستاره و انبوه گاز و غبار مانع دیدن مرکز اصلی است. اخترشناسان رادیویی مانند فرهاد یوسف‌زاده به کمک این امواج عبورکننده محیط اطراف سیاه‌چاله‌ی قلب کهکشان را بررسی می‌کنند.

سحابی بزرگ جبار

پرنورترین و بارزترین سحابی آسمان، توده ابر کیهانی عظیمی در فاصله‌ی حدود ۱۵۰۰ سال نوری از زمین است. تصویر راست، نمایی آشنا از این سحابی است که تلسکوپی زمینی در نور مرئی تهیه کرده است. اما در تصویر چپ، بخش‌های سردتر و گسترده‌تر سحابی در نور فروسرخ از دید تلسکوپ فضایی اسپیتزر دیده می‌شود.



تلسکوپ‌های عجیب

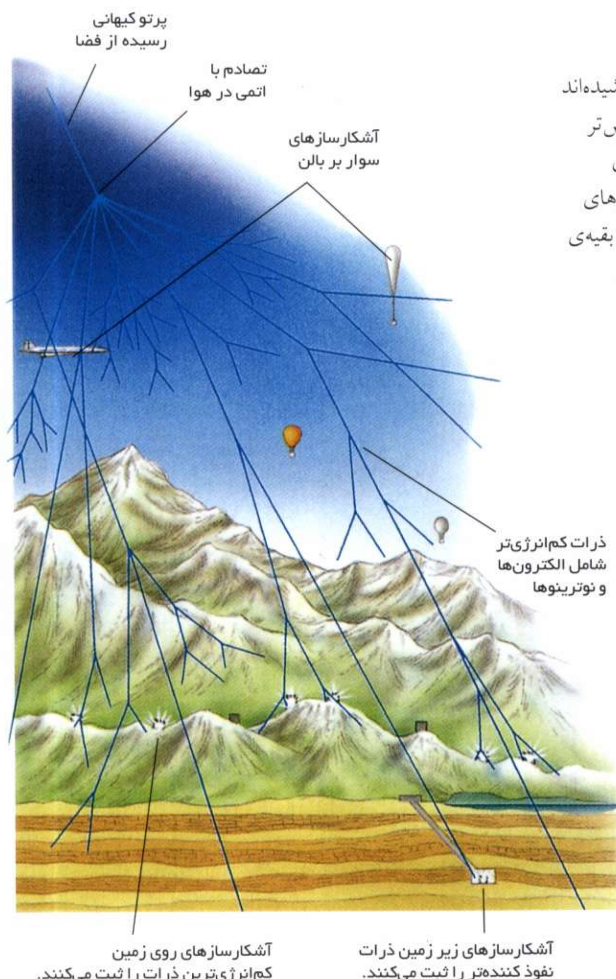
تقریباً تمام دانش ما درباره‌ی کیهان دوردست، از بررسی تابش‌ها به‌دست آمده است. تابش‌هایی مانند نور مرئی، امواج رادیویی، پرتوهای فروسرخ، فرابنفش، ایکس و گاما که از فضا به ما می‌رسند. اما پیام‌آوران عجیب‌تری نیز در سراسر کیهان در گشت‌وگذارند و اطلاعاتی درباره‌ی مهیب‌ترین رویدادهای کیهان حمل می‌کنند. چند دهه است که اخترشناسان به بررسی پرتوهای کیهانی (یا در حقیقت ذرات پُرانرژی کیهانی) مشغول‌اند و به تازگی نوترینوهای گریزپا را کشف کرده‌اند. دیگر پیام‌آوران نیز در نظریه‌ها پیش‌بینی می‌شوند؛ اما هنوز کشف نشده‌اند. آن‌ها شامل ذرات ماده‌ی تاریک و امواج گرانشی‌اند. ماده‌ی تاریک، همان‌طور که اثر گرانشی آن نشان می‌دهد، بیش‌ترین جرم کیهان را تشکیل می‌دهد و امواج گرانشی نیز در تار و پود خودِ فضا موج می‌زنند.

آغاز مهیب

وقتی در فضا انفجاری عظیم رخ می‌دهد، ممکن است ستاره‌ای باشد که عمرش با انفجار اَبَرنواختری به پایان رسیده یا دو ستاره‌ی نوترونی باشند که در هم ادغام می‌شوند یا گاز بسیار داغی باشد که در سفری یک‌طرفه وارد سیاه‌چاله‌ای می‌شود. چنین انفجارهایی همه‌ی انواع تابش‌ها، از جمله نور مرئی، امواج رادیویی و پرتوهای گاما را تولید می‌کنند؛ اما انبوهی از ذرات و امواج عجیب‌تر را به فضا می‌فرستند که حامل اطلاعاتی منحصر به فرد درباره‌ی این آشفتگی‌های اخترفیزیکی است.

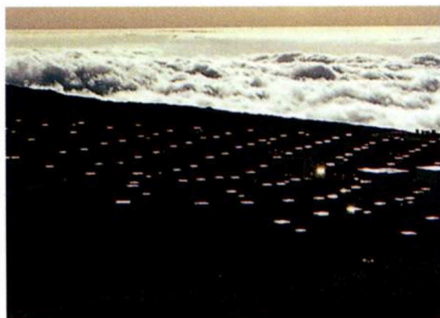
پرتوهای کیهانی

پرتوهای کیهانی، برخلاف نامشان، نوعی تابش نیستند؛ بلکه تکه‌های اتم‌هایی هستند که طی انفجارهای پُرانرژی از هم پاشیده‌اند و با سرعتی نزدیک به سرعت نور، در فضا در حرکت‌اند. بیش‌تر آن‌ها هسته‌ی هیدروژن (ذره‌ی پروتون) و مقدار کمی هسته‌ی عناصر سنگین‌تر و الکترون‌ها هستند. منشأ پُرانرژی‌ترین پرتوهای کیهانی احتمالاً سیاه‌چاله‌های اَبَرپُرجرم مرکز اختروش‌هاست. بقیه‌ی این پرتوها عموماً طی انفجارهای اَبَرنواختری به فضا فرستاده می‌شوند.



بارش ذرات کیهانی

یک ذره‌ی پرتو کیهانی، پس از سفر طولانی خود در فضا، در برخورد با اتمی در جوّ بالایی زمین نابود می‌شود. انرژی حاصل از این برخورد، چند ذره‌ی کم‌انرژی‌تر تولید می‌کند که آن‌قدر انرژی دارند که در برخورد با اتم‌های دیگر در لایه‌های پایینی جوّ، ذرات بیش‌تری تولید کنند. نتیجه، بارشی از ذرات است که به آن آبشار می‌گویند و بر چندین کیلومتر مربع از سطح زمین می‌بارد.



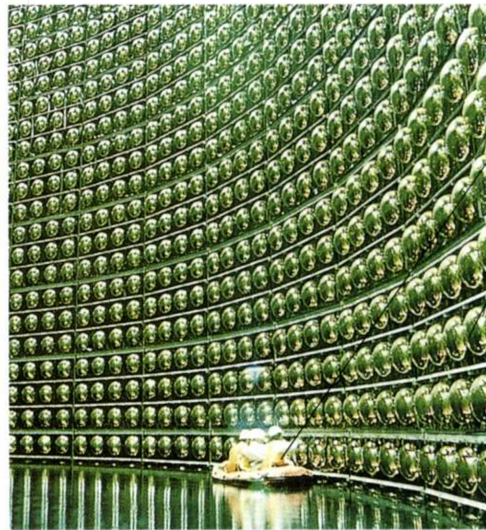
آشکارسازی پرتوهای کیهانی

ذرات پرتو کیهانی آن‌قدر نادرند که یک آشکارساز، به تنهایی تعداد بسیار کمی از آن‌ها را در فضا به دام می‌اندازد. در عوض، اخترشناسان در تلاش‌اند بارش‌های ذرات کم‌انرژی‌تر را در نزدیکی زمین با استفاده از آرایه‌ای از آشکارسازهای ذرات، مانند این آرایه در لاپالما در جزایر قناری آشکار کنند. اگر پرتو کیهانی عمودی به سوی پایین بیاید، بارش ذرات در پهنه‌ای دایره‌ای به زمین می‌رسد. در غیر این صورت، بارش شکلی بیضوی دارد که جهت اصلی پرتو کیهانی را آشکار می‌کند.

نوترینوها

نوترینوها ذرات روح‌مانند کیهان‌اند. آن‌ها، که هیچ بار الکتریکی ندارند و جرم بسیار بسیار ناچیزی دارند، تقریباً صحیح و سالم از میان ماده عبور می‌کنند؛ به‌طوری که در هر لحظه میلیاردها عدد از آن‌ها از بدن ما می‌گذرند.

نوترینوها در داغ‌ترین مکان‌ها، از انفجار بزرگ تا اَبَرنواخترها و در تمام واکنش‌های هسته‌ای درون ستاره‌ها متولد می‌شوند. آن‌ها مستقیم از میان لایه‌های خارجی‌تر ستاره عبور می‌کنند و اطلاعات منحصر به‌فردی درباره‌ی هسته‌ی ستاره به ما می‌رسانند. در تلسکوپ‌های نوترینو اغلب از مخازن عظیم آب استفاده می‌شود تا کسر کوچکی از ذرات عبوری به دام بیفتند. اغلب این رصدخانه‌ها در اعماق زمین (مثل معادن عمیق متروک) یا زیر آب‌های اقیانوس هستند؛ جایی که هیچ ذره‌ی دیگری به آن‌جا نمی‌رسد و اگر چیزی ثبت شود، باید اثر برخورد نوترینو باشد.



اخترشناسان در قایق پلاستیکی مخزن آب نیمه‌پر را بررسی می‌کنند.

آشکارساز در زیرزمین جاسازی شده است تا از رسیدن دیگر انواع ذرات در امان باشد.

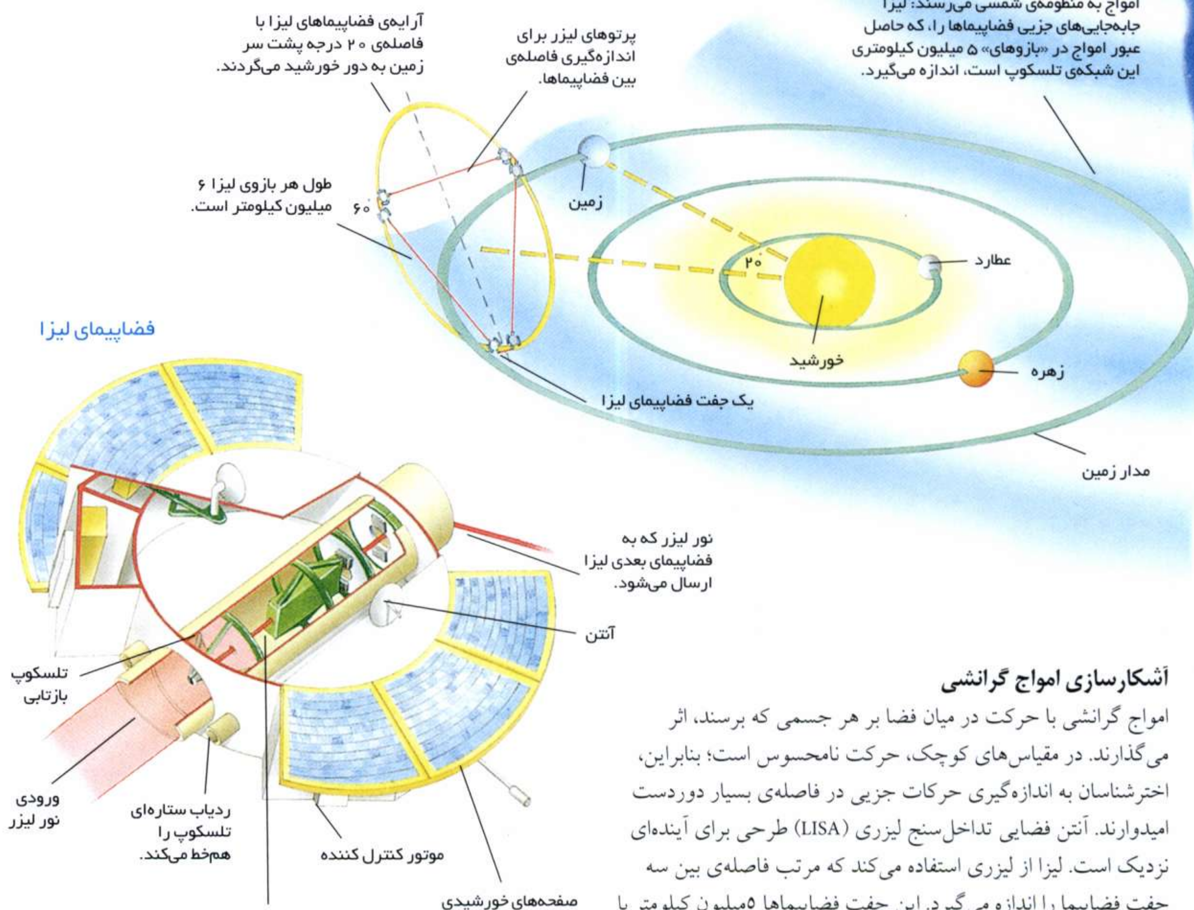
«حباب‌های» شیشه‌ای، مانند آشکارساز عمل می‌کنند و وقتی نوترینویی از میان مخزن عبور می‌کند، تابش نور بسیار ضعیفی را ثبت می‌کند.

تلسکوپ نوترینو سوپر ـ کامیوکانده در ژاپن

امواج گرانشی

بر اساس نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین، گرانش ستاره‌ها و دیگر اجسام پُرجرم فضا را، درست مانند توپ سنگینی روی یک ورقه‌ی نازک پلاستیکی، خمیده می‌کند. رخ‌دادهای پُرآشوب کیهانی، از انفجارهای اَبَرنواختری تا برخورد سیاه‌چاله‌ها، باعث تغییرات ناگهانی در گرانش محلی می‌شوند؛ مثل این‌که با بالا و پایین انداختن توپ روی ورقه‌ی پلاستیکی امواجی ایجاد کنیم. امواجی را که به سبب وقوع روی‌دادهای فاجعه‌بار کیهانی در فضا پراکنده می‌شوند، امواج گرانشی می‌نامند.

امواج گرانشی‌ای که از انفجاری بزرگ در تمام فضا پراکنده می‌شوند.



آشکارسازی امواج گرانشی

امواج گرانشی با حرکت در میان فضا بر هر جسمی که برسند، اثر می‌گذارند. در مقیاس‌های کوچک، حرکت نامحسوس است؛ بنابراین، اخترشناسان به اندازه‌گیری حرکات جزیی در فاصله‌ی بسیار دوردست امیدوارند. آنتن فضایی تداخل‌سنج لیزری (LISA) طرحی برای آینده‌ای نزدیک است. لیزا از لیزری استفاده می‌کند که مرتب فاصله‌ی بین سه جفت فضاپیما را اندازه می‌گیرد. این جفت فضاپیماها ۵میلیون کیلومتر با هم فاصله دارند. اگر امواج گرانشی یک فضاپیما را حتی به اندازه‌ی قطر یک اتم جابه‌جا کند، لیزا آن را آشکار می‌کند.

آشکارسازهای عجیب

- در سال ۱۹۱۲، فیزیک‌دان اتریشی، ویکتور هس (۱۸۸۳ - ۱۹۶۴)، بالن‌هایی هوا کرد که آشکارساز ساده‌ی درون آن نشان می‌داد هرچه بالاتر می‌رویم، تابش ذرات بیش‌تر می‌شود. به این ترتیب، پرتوهای کیهانی و منشأ آن‌ها کشف شدند.
- آلبرت اینشتین در سال ۱۹۱۶ امواج گرانشی را پیش‌بینی کرده بود.
- دانشمند فرانسوی، پیر اوژه (۱۸۹۹ - ۱۹۹۳)، در سال ۱۹۳۸ بارش‌های هوا (آبشار ذرات) را کشف کرد که وجود پرتوهای کیهانی پُرانرژی و پیدایش آبشار ذرات از برخورد آن‌ها با جوّ را ثابت می‌کرد.
- در سال ۱۹۶۹، نوترینوهای خورشید در هوم‌استیک‌ماین داکوتای جنوبی در ایالات متحده کشف شد.
- در سال ۱۹۷۴، کشف نخستین تَپ‌اختر دوتایی (دوستاره‌ی نوترونی که به دور هم می‌گردند و انرژی گرانشی از دست می‌دهند) شواهد غیر مستقیمی از امواج گرانشی به‌دست داد.
- در سال ۱۹۸۷، نخستین نوترینوها از فراسوی منظومه‌ی شمسی، که از انفجار اَبَرنواختر ۱۹۸۷A رها شده بود، به‌وسیله‌ی آشکارسازهای زیرزمینی در ژاپن و ایالات متحده به دام افتادند.

بیش‌تر بدانیم

تابش‌هایی از فضا ۲۶
ستاره‌های نوترونی ۲۰۶
سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸
ماده‌ی تاریک ۲۵۰



کاوش فضا

بزرگ‌ترین انقلاب در تاریخ ما، در ۵۰ سال گذشته رخ داده است: ما توانسته‌ایم سیاره‌ی خود را ترک کنیم و به کاوش فضا بپردازیم. این کاوش‌ها زندگی ما را به‌طور کلی تغییر داده‌اند. در حقیقت، بسیاری از ما دنیا را آن‌طور که پیش از پرتاب ماهواره‌ی اسپوتینک در سال ۱۹۵۷ بود، به‌خاطر نمی‌آوریم. حالا ناوگانی از ماهواره‌ها، که به دور زمین می‌گردند، هیاهوی ارتباطات را وارد خانه‌های ما می‌کنند و در همان حال، وضعیت آب و هوا، منابع طبیعی و حتی جنگ‌ها را از فضا زیر نظر دارند. هر کس که یک رایانه‌ی شخصی داشته باشد، قدر پیش‌رفت‌های این رشته و اثر قدرت‌مند رایانه را در زندگی ما می‌داند. پیش‌رفت‌هایی که نتیجه‌ی توسعه‌ی علوم فضایی است.

فضا مرزی برای انسان است. صدها انسان تا به حال به فضا سفر کرده و حتی چند نفر بر ماه قدم گذاشته‌اند و با تکمیل ایستگاه فضایی بین‌المللی، در آینده‌ی نزدیک، شمار فضانوردان به هزاران نفر خواهد رسید. افزون بر این، فضاپیماهای بدون سرنشین پیش‌رفته، همه‌ی سیارات منظومه‌ی شمسی(به‌جز پلوتون که در سال ۲۰۱۴ میلادی ملاقات می‌شود) را کاوش کرده‌اند و قدم بعدی در دهه‌های آینده، سفر فضاپیماهای سرنشین‌دار به مریخ و مقاصد دیگر و ارسال کاوشگرهای بسیار تیزپایی به مقصد ستاره‌هاست؛ هدفی که تا چند سال پیش فقط در تخیل دانشمندان بلندپرواز وجود داشت.

موشک‌ها چگونه کار می‌کنند؟

شعله‌های پُرخروشِ آتش، در بیستم ژوییه‌ی سال ۱۹۶۹، فضانوردانِ آپولو را به سوی تجربه‌ی تاریخی خود رهسپار کرد و نیل آرمسترانگ نخستین انسانی شد که بر سطح ماه قدم گذاشت. در هر ثانیه از نخستین ۱۲۰ ثانیه‌ی سفر فضانوردان، حدود ۳ تُن نفت سفید به داخل محفظه‌های احتراق پنج موتور F1 موشک عظیم ساتِرن ۵ سرازیر می‌شد. این موتورها در هنگام بلند شدن موشک از زمین نیروی پیش‌رانی برابر ۳۲ هواپیمای بویینگ ۷۴۷ در هنگام پرواز تولید کردند. امروزه واکنش‌های توان‌مند شیمیایی همچنان نیروی موشک‌ها را فراهم می‌آورند. رایانه‌ها در هر لحظه صعود پرتاب‌گرها را زیر نظر دارند تا زاویه‌ی صعود را تصحیح کنند. همه‌ی این اتفاقات بر اساس قوانین فیزیک، به‌خصوص سه قانون حرکت نیوتن، رخ می‌دهند.

آریان ۵

موشک‌های آریان حدود نیمی از ماهواره‌های تجاری بزرگ دنیا را پرتاب کرده‌اند. پیش‌ران آریان ۵ در هنگام پرتاب از یک موتور اصلی و دو موتور تقویتی کمکی تأمین می‌شود که همه با هم پیش‌رانی برابر وزن ۱۲۰۰ تُن تولید می‌کنند؛ یعنی این نیرو حداکثر چنین وزنی را از زمین بلند می‌کند. جرم موشک روی زمین ۷۴۰ تُن است. ٤٦٠ تُن پیش‌ران اضافی که موجود است به بلند شدن سریع پرتاب‌گر کمک می‌کند. پس از حدود ۲ دقیقه، سوخت موتورهای کمکی تمام می‌شود و با جدا شدن از پیکره‌ی موشک از دور خارج می‌شوند. سپس سوخت موتور اصلی تمام می‌شود و سقوط می‌کند. سرانجام، موتور کوچکی می‌ماند و ماهواره را به مدار می‌رساند.

محموله‌های آریان ۵

آریان یک، دو یا چند ماهواره را پرتاب می‌کند و تعداد آن‌ها به وزن ماهواره‌ها در سطح زمین و مداری که باید بروند، بستگی دارد.

موشک در حالت ساکن

گرانش

سوخت پیش‌ران جامد در سه بخش درون محفظه.

موشک‌های سوخت جامد در ۱۳۰ ثانیه سوخت را مصرف می‌کنند.

پیش از پرتاب، موتور اصلی روشن می‌شود. اگر موتور به درستی کار کند، موشک‌های سوخت جامد روشن می‌شوند.

لوله‌ی اگزوز موتور کمکی زاویه‌ی ثابتی دارد.

محفظه‌ی احتراق موتور اصلی.

موتور اصلی ۵۷۰ ثانیه کار می‌کند.

لوله‌ی اگزوز موتور اصلی می‌گردد تا موشک را هدایت کند.

هلیوم مایع، مخازن سوخت را تحت فشار قرار می‌دهد.

جرم و وزن

جرم یک جسم مقدار ماده‌ی موجود در آن است. جرم همه جا یکسان است. وزن یک جسم نتیجه‌ی اثر نیروی گرانش بر جرم جسم است. گرانش (و در نتیجه وزن)، با دور شدن از زمین کاهش می‌یابد.

پیش‌ران و شتاب

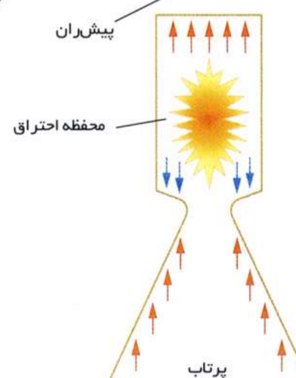
یک پرتاب‌گر برای بلند کردن جرمش از سطح زمین و غلبه بر گرانش، به نیروی پیش‌ران کافی نیاز دارد. با سوختن سوخت در حین صعود، جرم کاهش می‌یابد. با افزایش فاصله تا زمین، هم جرم و هم کششِ گرانش، کم می‌شود و موشک به سوی فضا سرعت و شتاب می‌گیرد.

نیروی پیش‌ران

گرانش زمین

کُنش و واکنش

نیروی پیش‌رانی که پرتاب‌گر را از زمین بلند می‌کند، از سوختن سوخت در محفظه‌ی احتراق تأمین می‌شود. اگر محفظه راهی به بیرون نداشته باشد، منفجر می‌شود. گازها از طریق لوله‌ای به خارج از محفظه می‌رسند. چون راه خروج گازها رو به پایین است، نیرویی به سوی بالا وارد می‌کنند (واکنش یا عکس‌العمل) که برابر و در خلاف جهت نیروی اگزوز خروجی (کنش، عمل) است. این همان نیرویی است که وقتی سر بادکنک پُر از بادی را باز می‌کنیم، آن را به جلو می‌راند. به این نیرو، که موشک‌ها را از زمین بلند می‌کند، پیش‌ران می‌گویند.



محموله‌ی ماهواره

باری که یک پرتاب‌گر حمل می‌کند، محموله نام دارد. احتراق‌های شدید و نیروهای پُرقدرت با هم کار می‌کنند تا چند تُن محموله از روی سطح زمین بلند شود. برخی پرتاب‌گرها محموله‌های سنگین‌تری را به فضا می‌برند.

فیزیک مدارها

فرض کنید گلوله‌ای افقی از اسلحه‌ای شلیک می‌شود. گرانش، آن را عمودی به سوی زمین می‌کشد. اگر بتوان گلوله‌ای را با نیروی افقی کافی شلیک کرد، هرگز به زمین نمی‌رسد و در مداری به دور زمین قرار می‌گیرد. به همین ترتیب، ابزارهای پرتاب نیز ماهواره‌ها را به بالای جوّ حمل می‌کنند و آن‌ها را با نیروی افقی کافی رها می‌سازند تا در مدار باقی بمانند.

دماغه‌ی گلوله‌مانند، مقاومت هوا را در هنگام پرتاب موشک به میان جوّ کاهش می‌دهد. این بخش مانند یک سپر گرمایی محافظ محموله‌ی موشک است.

محموله‌ی بالایی

محموله‌ی پایینی

مرحله اصلی آریان ۵

محفظه‌ی تجهیزات شامل همه‌ی تجهیزات الکتریکی، یک رایانه و دستگاه تنظیم ارتفاع است.

جرقه‌زن، سوختن سوخت جامد را آغاز می‌کند.

با افزایش قدرت شلیک، مسیر پرتاب گلوله طولانی‌تر می‌شود.



اگر بتوان گلوله‌ای را با نیروی افقی کافی شلیک کرد، گلوله وارد مداری به دور زمین می‌شود.

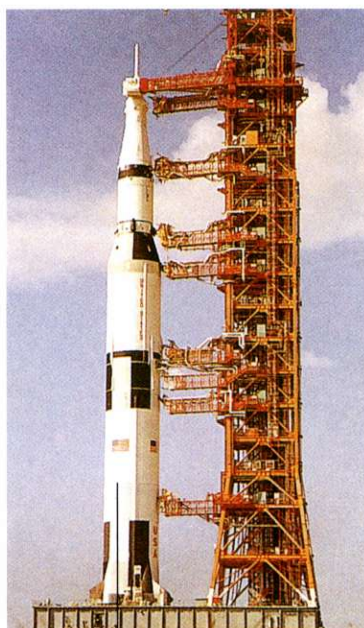
موتوری کوچک، اما کارآمد و دقیق، ماهواره را دقیقاً در زاویه و سرعت درست رها می‌کند تا وارد مدار خود شود.

مخزن اکسیژن مایع

ariane 5

فرار از گرانش

موشک پرتاب در ارتفاع ۲۰۰ کیلومتری باید به ماهواره‌ای که قرار است وارد مدار شود، نیروی افقی کافی بدهد تا به سرعت ۷/۸ کیلومتر بر ثانیه برسد. اگر سرعت ماهواره به کمی بیش از ۱۱ کیلومتر بر ثانیه برسد، از دام گرانش زمین فرار می‌کند و در فضا می‌رود. به این سرعت، سرعت فرار می‌گویند.



موشک ۱۱۰ متری ساتِرن ۵ برای فرستادن فضانوردان به ماه ساخته شد.

مراحل رسیدن به مدار

بیش‌ترین پیش‌ران در لایه‌های پایینی جوّ لازم است. موشک‌ها به روش‌های متفاوتی به این پیش‌ران دست می‌یابند. موشک آریان ۵ یک مرحله‌ی اصلی دارد که با دو موشک سوخت جامد تقویت می‌شود. پس از دو دقیقه، این‌ها سقوط می‌کنند و موتور اصلی با بار سبک‌تری سفر به فضا را تکمیل می‌کند. اما در پرتاب‌گر عظیم ساتِرن ۵، وقتی سوخت به اتمام رسید، مرحله‌ی اول سقوط می‌کند و مرحله‌ی دوم آغاز می‌شود. پس از آن هم نوبت به مرحله‌ی سوم می‌رسد.

مخزن هیدروژن مایع

لوله‌های سوخت، اکسیژن مایع را به محفظه‌ی احتراق موتور اصلی می‌رسانند؛ جایی که با هیدروژن مایع ترکیب می‌شود.

قوانین حرکت نیوتن

- یک جسم در حالت سکون باقی می‌ماند یا به حرکت یک‌نواخت مستقیم‌الخط خود ادامه می‌دهد؛ مگر این‌که نیرویی به آن وارد شود. برای یک ماهواره، نیروهای اصلی گرانش و نیروی افقی ابزار پرتاب‌گر است.
- شتاب یک جسم برابر است با کل نیروی وارد شده بر جسم تقسیم بر جرم آن. برای یک موشک، دو نیروی اصلی پیش‌ران به سوی بالا و گرانش به سوی پایین است.
- برای هر عملی عکس‌العملی برابر و در خلاف جهت آن وجود دارد. عمل رهاسازی گاز پُرفشار حاصل از احتراق در موتور عکس‌العملی در پی دارد که موجب پرتاب موشک می‌شود.

بیش‌تر بدانیم

پیش‌رانش موشک ۴۶
پرتاب‌گرهای فضایی ۴۸
شمارش معکوس ۵۲
ماهواره‌ها و مدارها ۵۴
پرواز به فضا ۷۰

اطلاعات پرتاب آریان ۵

داده	موشک‌های کمکی (بالابرنده)	موشک اصلی
طول	هر یک ۳۰ متر	۳۰/۵ متر
ماده‌ی پیش‌ران	هر یک ۲۳۷ تُن	اکسیژن مایع ۱۳۰ تُن، هیدروژن مایع ۲۲۵ تُن
جرم	هر یک ۲۷۰ تُن	۱۷۰ تُن
حداکثر نیروی پیش‌ران	هر یک ۶۳۰ تُن	پیش‌ران در خلأ ۱۲۰ تُن

پیش‌رانش موشک

در آغاز عصر فضا، موشک‌ها سرانجام مانند توپی از آتش می‌سوختند یا به جای رسیدن به مدار صحیح، از مسیر اصلی منحرف می‌شدند. اما امروزه قابل اطمینان‌ترند؛ زیرا مهندسان فضایی بهترین روش‌ها را برای ساختن، ترکیب ماده‌ی پیش‌ران و تزریق آن به موتورها یافته‌اند. ماده‌ی پیش‌ران شامل سوخت اصلی و اکسیدکننده‌ی لازم برای سوختن و آزاد کردن انرژی است. موشک‌ها اکسیدکننده‌های خود را به فضا حمل می‌کنند؛ برخلاف هواپیماها که از اکسیژن موجود در جوّ استفاده می‌کنند. ممکن است سوخت و اکسیدکننده جامد یا مایع باشند؛ توان سوخت‌های مایع بیش‌تر است؛ یعنی در هر ثانیه بیش از مواد پیش‌ران جامد نیروی پیش‌ران تولید می‌کنند.

شاتل فضایی

مخزن بیرونی سوخت زمانی که تقریباً شاتل وارد مدار شده است، جدا می‌شود و در جوّ زمین می‌سوزد.

موشک‌های کمکی سوخت جامد فقط ۲ دقیقه می‌سوزند. به‌علاوه، پس از روشن کردن، دیگر نمی‌توان سوختن آن‌ها را متوقف کرد و باید تا آخر بسوزند.

نیروی پیش‌ران موشک‌های کمکی را می‌توان به سرعت، با تخلیه‌ی گازهای اگزوز از سوراخ‌هایی روی کناره‌ها، کاهش داد.

مدارگرد به کمک بست‌های مخصوص، به موشک‌های کمکی و مخزن خارجی متصل شده است.

مدارگرد موتورهای سوخت مایع کوچک‌تری سوار بر خود دارد که برای مانور دادن در فضا و بازگشت به زمین استفاده می‌شوند.

NASA
Endeavour
USA

شکل لوله‌ی خروجی گاز چگونگی رها شدن گازها و کارآیی موشک را مشخص می‌کند.

سه موتور اصلی مدارگرد باید از لرزه‌های شدید حاصل از موتورهای کمکی جان سالم به‌در ببرند.

اگزوز موتور اصلی شاتل، ستونی تقریباً نامرئی از بخار آب بیرون می‌دهد.

موتور کمکی ابری از مواد شیمیایی تولید می‌کند که در زمان بلند شدن موشک از زمین دیده می‌شود.

سوخت شاتل فضایی

در هنگام پرتاب، ماده‌ی پیش‌ران تقریباً ۹۰درصد وزن مجموعه‌ی شاتل فضایی را تشکیل می‌دهد. مواد پیش‌ران مایع و جامد با هم استفاده می‌شوند. مخزن خارجی حامل هیدروژن مایع و به‌طور جداگانه، اکسیژن مایع لازم برای احتراق است. در هر ثانیه حدود ٤٧٠ کیلوگرم ماده‌ی پیش‌ران به هر یک از سه موتور اصلی می‌رسد. سوخت جامد داخل موشک‌های کمکی در دو طرف مدارگرد قرار دارد. هر موشک کمکی ۸۳ تُن وزن دارد و ٥٠٤ تُن ماده‌ی پیش‌ران حمل می‌کند.

فضانوردی در کابین پرواز شاتل



پرتاب به فضا

شاتل‌ها، در مقایسه با پرتاب‌گرهای قدیمی‌تر، ورود بسیار آرامی به فضا دارند. بیش‌ترین شتاب آن‌ها سه برابر گرانش (3G) است. کمی پیش از سقوط موشک‌های کمکی و ٥ دقیقه پیش از جدا شدن مخزن بیرونی سوخت از مدارگرد، شاتل به این شتاب می‌رسد.

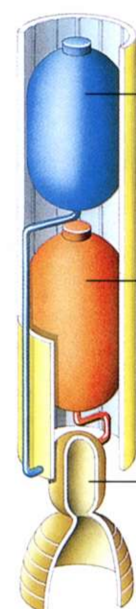
سوخت جامد موشک

ماده‌ی پیش‌ران در موشک‌های سوخت جامد به شکل قرص‌هایی است که هم اکسیدکننده و هم سوخت را شامل می‌شود. این قرص‌ها حاوی موادی هستند که از تجزیه شدن آن‌ها در زمان انبار شدن جلوگیری می‌کند. شیوه‌ی جاسازی ماده‌ی پیش‌ران در محفظه، مشخص می‌کند که انرژی چگونه رها شود. اگر ماده به‌گونه‌ای جاسازی شده باشد که در یک سطح، با سرعتی ثابت بسوزد (سوختن طبیعی)، نیروی پیش‌ران یک‌نواختی تولید می‌کند. اگر قرص‌ها به‌نحوی جاسازی شوند که مساحت سطحی که سوختن در آن رخ می‌دهد، به‌تدریج افزایش یابد، نیروی پیش‌ران هم به‌تدریج افزایش می‌یابد (سوختن پیش‌رونده). اگر سطح سوختن کاهش پیدا کند، نیروی پیش‌ران هم به تدریج کاهش می‌یابد (سوختن پَس‌رونده).

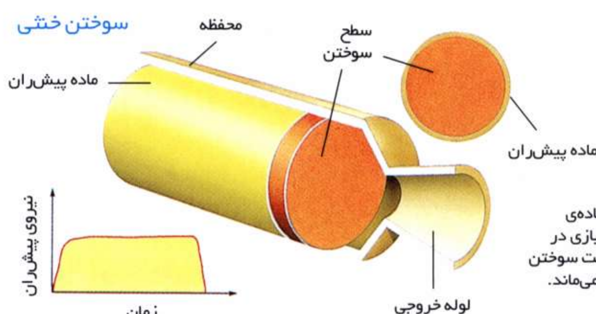
موشک‌ها از گذشته تا امروز	موشک گادرد	شاتل فضایی
نخستین پرواز آزمایشی	۱۲ مارس ۱۹۲۶	۱۲ - ۱۴ آوریل ۱۹۸۱
طول	۳/۴ متر	۵۵/۴ متر
جرم در حین پرتاب	۲/۷ کیلوگرم	۱/۹ میلیون کیلوگرم
جرم ماده‌ی پیش‌ران	۲ کیلوگرم	۱/۷ میلیون کیلوگرم
زمان پرواز	۲/۵ ثانیه	تا ۱۶ روز
ارتفاع پرواز	۱۲/۵ متر	۱۰۰۰ کیلومتر (حداکثر ارتفاع)
فاصله	۵۶ متر	مدار زمین در ورای جوّ
سرعت	۹۶ کیلومتر بر ساعت	۳۰۰۰۰ کیلومتر بر ساعت
نیروی پیش‌ران در هنگام پرتاب	۴۰ نیوتن*	۳۵ مگانیوتن**

* نیوتن واحدی برای نیروست. هر نیوتن نیرویی است که جرم یک کیلوگرم را با شتاب یک متر بر مجذور ثانیه حرکت دهد.
** یک مگانیوتن یک میلیون نیوتن است.

سوخت مایع موشک

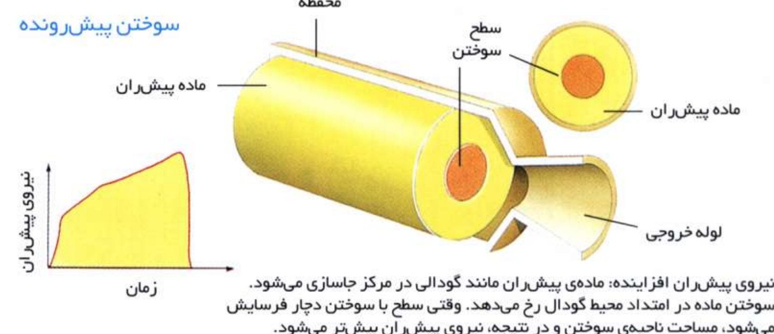


سوختن خثنی



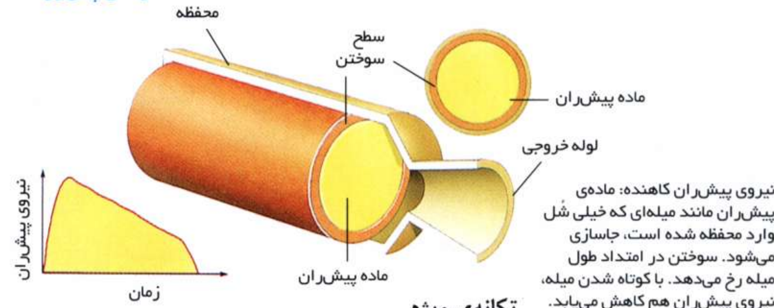
نیروی پیش‌ران یک‌نواخت: ماده‌ی پیش‌ران، مانند وسایل آتش‌بازی در محفظه جاسازی می‌شود. سرعت سوختن و نیروی پیش‌ران ثابت باقی می‌ماند.

سوختن پیش‌رونده



نیروی پیش‌ران افزاینده: ماده‌ی پیش‌ران مانند گودالی در مرکز جاسازی می‌شود. سوختن ماده در امتداد محیط گودال رخ می‌دهد. وقتی سطح با سوختن دچار فرسایش می‌شود، مساحت ناحیه‌ی سوختن و در نتیجه، نیروی پیش‌ران بیش‌تر می‌شود.

سوختن پس‌رونده



نیروی پیش‌ران کاهنده: ماده‌ی پیش‌ران مانند میله‌ای که خیلی شُل وارد محفظه شده است، جاسازی می‌شود. سوختن در امتداد طول میله رخ می‌دهد. با کوتاه شدن میله، نیروی پیش‌ران هم کاهش می‌یابد.

سوخت مایع موشک

نقطه‌ی تبخیر اکسیژن مایع ۱۸۳- درجه‌ی سانتی‌گراد و به حد کافی سرد است که فلز در آن دما ترک می‌خورد و لاستیک خُرد می‌شود. هیدروژن مایع در دمای ۲۵۳- درجه‌ی سانتی‌گراد به جوش می‌آید. دماهایی این‌چنین پایین، کار کردن با این مواد را بسیار مشکل می‌کند؛ اما هر دو آن‌ها مواد پیش‌ران موثری هستند.

تکانه‌ی ویژه

کارآیی ماده‌ی پیش‌ران را با کمیتی به نام تکانه‌ی ویژه (رانش ویژه) نشان می‌دهند که چنین تعریف می‌شود: مدت زمانی که در آن یک کیلوگرم از ماده‌ی پیش‌ران، به‌طور مداوم یک کیلوگرم نیروی پیش‌ران تولید می‌کند. پس یک کیلوگرم از ماده‌ی پیش‌رانی با تکانه‌ی ویژه‌ی ۲۶۲ ثانیه، مانند ماده‌ی پیش‌ران درون موشک‌های کمکی سوخت جامد شاتل فضایی، در تمام مدت ۲۶۲ ثانیه، نیروی پیش‌رانی معادل یک کیلوگرم تولید می‌کند. هرچه تکانه‌ی ویژه بیش‌تر باشد، ترکیب سوخت مؤثرتر است. مواد پیش‌ران مایع در مقایسه با سوخت‌های جامد، تکانه‌ی ویژه‌ی بیشتری دارند.

ارقام تکانه‌ی ویژه

ماده‌ی پیش‌ران	تکانه‌ی ویژه
سوخت جامد (استفاده شده در شاتل فضایی)	۲۶۲ ثانیه
تتروکسید نیتروژن مایع / UDMH*	
سوخت (استفاده شده در موشک پروتون روسی)	۳۶۰ ثانیه
اکسیژن مایع / نفت سفید (استفاده شده در ساترن ۵)	۳۶۳ ثانیه
اکسیژن مایع / هیدروژن مایع (استفاده شده در شاتل و آریان ۵)	۴۶۲ ثانیه

* UDMH = دی‌متیل هیدرازین نامتقارن

سال‌شمار تاریخ موشک

- در قرن دهم، چینی‌ها از شوره (نیترات پتاسیم)، زغال چوب و گوگرد، باروت ساختند. این نخستین سوخت جامد موشک بود.
- رابرت گادرد، پیش‌گام آمریکایی دانش فضایی، در بیست‌وششم مارس سال ۱۹۲۶، زمانی که نخستین موشک سوخت مایع را پرتاب کرد، تاریخ‌ساز شد.



گادرد با موشک خودش

- ورنِر فون برلون، دانشمند آلمانی، در جریان جنگ دوم جهانی، موشک V-۲ را ساخت. کار او بعدها بر نخستین پرتابگرهای فضایی ایالات متحده تاثیر گذاشت.
- اتحاد جماهیر شوروی سابق روز چهارم اکتبر سال ۱۹۵۷، نخستین ماهواره‌ی دنیا، اسپوتنیک ۱، را به فضا فرستاد. این ماهواره با پرتابگری به فضا رفت که ابتدا موشکی نظامی بود.

بیش‌تر بدانیم

موشک‌ها چگونه کار می‌کنند؟ ۴۴
پرتابگرهای فضایی ۴۸
شمارش معکوس ۵۲
شاتل فضایی ۷۴

پرتاب‌گرهای فضایی

هیچ‌کس برای بُردن بچه‌ها به مدرسه و برگرداندن آن‌ها، اتومبیلی به گرانی رولزرویس نمی‌خرد و هیچ‌کس هم موشک نیرومند ساترن ۵ را فقط برای فرستادن ماهواره‌ای به اندازه‌ی یک سبد به مداری نزدیک زمین نساخته است. یکی از مهم‌ترین تصمیماتی که پیش روی صاحبان فضاپیماها قرار دارد، این است که کدام ابزار پرتاب‌گر باید فضاپیمای آن‌ها را در مدار قرار دهد. قابل اطمینان بودن، هزینه و توانایی‌های فنی، مهم هستند. شرکت‌های پرتاب‌کننده‌ی فضاپیماها، مانند سازندگان اتومبیل، مدل‌های متفاوتی پیشنهاد می‌دهند. پرتاب‌گرهای سنگین‌بَر برای فرستادن فضاپیماها به سفرهای میان‌سیاره‌ای یا ارسال ماهواره‌ها به مدارهای مرتفع «زمین‌ثابت» (جایگاه ماهواره‌ای تلویزیونی و رادیویی) مناسب‌اند. موشک‌های هواپرتابه، بُکسل‌های فضایی‌اند که برای حمل محموله‌های کوچک به مدارهای نزدیک زمین بسیار مناسب هستند. اغلب پرتاب‌گرهای فضابُرد، موشک‌های چندمرحله‌ای، شامل چند تکه‌اند که هر یک با اتمام سوخت، در بین راه صعود از بدنه‌ی موشک جدا می‌شوند تا وزن آن را کاهش دهند. به هر یک از این تکه‌ها یک مرحله می‌گویند.



دلتا ۲



موشک‌های دلتا ماهواره‌های بزرگ، مانند ماهواره‌های مخابراتی تور ۳ را به مدار حمل می‌کنند.

موشک‌های سنگین‌بَر

موشک پروتون روس‌ها و آریان ۵ اروپایی‌ها را می‌توان موشک‌هایی با عضله (نیرومند) نامید. زیرا می‌توانند محموله‌ای به وزن ۲۰ تُن (برابر با ۲۰ اتومبیل) را به مداری نزدیک زمین ببرند. پروتون برای چنین پرتابی سه مرحله دارد. برای پرتاب فضاپیما به سفرهای میان‌سیاره‌ای نوع چهار مرحله‌ای هم وجود دارد.

اسب بارکش صنایع موشکی

از سال ۱۹۶۰ خانواده‌ی موشک‌های دلتا و از سال ۱۹۸۹ دلتا ۲، ماهواره‌ها را پرتاب کرده‌اند. دلتا ۲ می‌تواند ۱/۸ تُن بار را به مدار انتقال به مدار «زمین‌ثابت» پرتاب کند. رکورد موفقیت‌های دلتا ۲ به این موضوع منجر شد که موشک‌های خانواده‌ی دلتا را «اسب بارکش» صنایع موشکی بنامند. دلتا ۳ آخرین عضو اضافه شده به این خانواده است و می‌تواند ۸ تُن بار را به مدار نزدیک زمین، یا ٤ تُن بار را به مدار انتقال به مدار زمین‌ثابت، پرتاب کند.



پروتون ماهواره‌های بزرگ، مانند آسیاست ۱–HSG، را به مدار نزدیک زمین حمل می‌کند. ماهواره‌ی آسیاست امواج تلویزیونی و تلفنی را در سراسر آسیا و منطقه‌ی اقیانوسیه مخابره می‌کند.



خانواده‌ی پرتاب‌گرهای پروتون از سال ۱۹۶۵، ماهواره‌های بزرگی را به فضا پرتاب کرده‌اند.

هواپیمای L۱۰۱۱ با موشک پگاسوس در زیر آن



موشک‌های هواپرتابه

یک هواپیمای استارگیزر L۱۰۱۱ موشک پگاسوس را تا ارتفاع ۱۲/۲ کیلومتری حمل می‌کند. هواپیما موشک را بر فراز اقیانوسی پهناور رها می‌کند. بال‌های موشک نیروی بالابَر آیرودینامیکی را فراهم می‌آورد که پگاسوس را در پرواز نگه‌دارد. پس از پنج ثانیه، نخستین مرحله از سه مرحله‌ی موشک روشن می‌شود. ده دقیقه بعد، محموله در مدار است. پگاسوس می‌تواند ۵۰۰ کیلوگرم بار را به مدار نزدیک زمین حمل کند.



پگاسوس می‌تواند چند ماهواره‌ی کوچک پرتاب کند. این قابلیت برای ارسال ناوگانی از ماهواره‌های مخابراتی تلفن‌های همراه، ماهواره‌ی بسیار مهمی است.

پرتاب‌گرهای ۲-H هسته‌ی اصلی برنامه‌های فضایی ژاپن‌اند.



پرتاب‌گر ۲-H می‌تواند هواپیمای فضایی HOPE را پرتاب کند. این وسیله قرار است ابزار و کالاها را به ایستگاه فضایی بین‌المللی حمل کند.

هدف: ایستگاه فضایی

شاتل‌های فضایی ایالات متحده و پروتون روس‌ها قطعات سنگین ایستگاه فضایی بین‌المللی را به مدار حمل کردند. دیگر پرتاب‌گرها هم در مقام پشتیبان خدمت می‌کردند. اروپا تصمیم گرفت برای پرتاب وسیله‌ی نقل و انتقال خودکار (ATV) از آریان ۵ استفاده کند. ATV برای مانورهای ایستگاه، سوخت و تجهیزات حمل می‌کرد. ژاپن هم تصمیم گرفت از پرتاب‌گر ۲-H برای ارسال هواپیمای فضایی HOPE (امید) به ایستگاه فضایی استفاده کند.

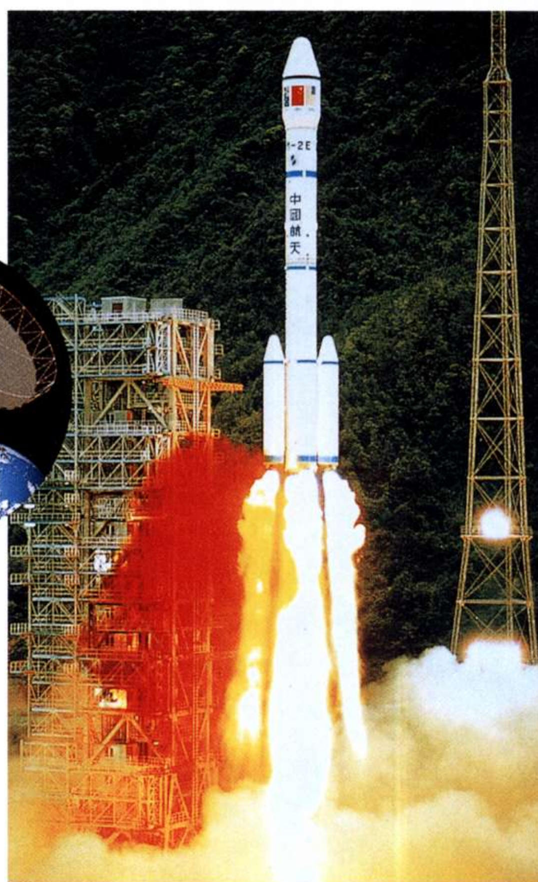
توانایی موشک‌های فضابُرد

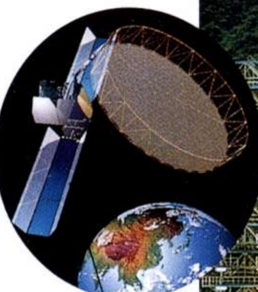
نام	مدار نزدیک زمین	مقصد محموله مدار زمین‌ثابت	سیارات	طول به متر
آریان ۵	بله	بله	بله	۵۱
خانواده‌ی اطلس	بله	بله	بله	۲۸ - ۵۳
خانواده‌ی دلتا	بله	بله	بله	۳۹ (دلتا ۲)
H - ۲	بله	بله	بله	۴۸
خانواده‌ی مارچ بلند	بله	بله	بله	۲۸ - ۵۲
پگاسوس	بله	بله	بله	۱۵/۵
خانواده‌ی پروتون	بله	بله	بله	۵۰ - ۶۰
وسیله‌ی پرتاب ماهواره‌ی قطبی	بله	خیر	خیر	۴۴
R - ۷	بله	خیر	خیر	۲۹
ساترن ۵	طراحی شده برای مأموریت آپولو به ماه			۱۱۰
خانواده‌ی تیتان	بله	بله	بله	تا ۶۵

رقبای موشک‌ساز

فضاپیماها پیچیده‌اند و امکان دارد اشتباهی کوچک، مأموریتی چند میلیون دلاری را نابود کند. تقریباً تمام سفارش‌های پرتاب‌گرها (معمولاً در ایالات متحده، روسیه، اروپا و ژاپن) به شرکت‌هایی با سابقه‌ی بیش‌تر در زمینه‌ی تولید فن‌آوری فضایی ارجاع می‌شود. دیگر کشورها نیز موشک‌های خود را پرتاب می‌کنند؛ اما فروختن فن‌آوری به کشورهای دیگر برای آن‌ها سخت است. چین اکنون در تلاش است موشک‌هایش را به خارج بفروشد. چین در سال‌های اخیر با این پرتاب‌گرها ماهواره‌های بسیاری را به مدار برده و حتی چند فضانورد چینی را نیز به فضا رسانده است.

موشک بلند چینی‌ها: مارچ





موشک‌های بلند مارچ، ماهواره‌های کوچکی مانند سامانه‌ی مخابراتی تلفن همراه آسیا - اقیانوسیه را به مدار برده است.



ماهواره‌های شناخت و بررسی منابع زمین به نام ERS-۲ به‌خوبی در موشک آریان ۵ جای گرفت.

هماهنگی محموله با پرتاب‌گر

مهم‌ترین پرسشی که صاحبان ماهواره‌ها هنگام انتخاب وسیله‌ی پرتاب‌گر می‌پرسند، این است که: «چه‌قدر بار حمل می‌کند؟» حتی اگر پرتاب‌گر ظرفیت بار را داشته باشد، شکل دماغه‌ی آن هم باید به‌گونه‌ای باشد که ماهواره داخلش جای بگیرد. همچنین ماهواره باید در برابر نیروهایی که بر محموله در حین پرتاب وارد می‌شود، مقاومت کند. هر موشک به گونه‌ای متفاوت عمل و نیروهای متفاوتی را به محموله وارد می‌کند.

پرتاب‌گرهای تاریخ‌ساز

- ابزار پرتاب‌گر روسی R-۷ از موشک مرکزی و موشک‌های کمکی تشکیل شده بود. این پرتاب‌گر در سال ۱۹۵۷ نخستین ماهواره، اسپوتینک، را در مدار قرار داد.
- ساترن ۵ موشک عظیمی به ارتفاع یک برج ۳۵ طبقه بود که فضاپیماهای آپولو را به سوی ماه پرتاب کرد. این موشک آخرین پرواز خود را در ۱۴ مه سال ۱۹۷۳ انجام داد و ایستگاه فضایی اسکای‌لَب را به مدار برد.
- در سال ۱۹۷۴، ناسا یک موشک تیتان را با مرحله‌ی بالایی موشک سِنتائور (CENTAUR) ترکیب کرد. این ترکیب، فضاپیماهای وُیجر را به فضا برد تا به گشت‌وگذار تاریخی خود در میان سیارات بیرونی و تا خارج از مرزهای سیاره‌ای منظومه‌ی شمسی بپردازند.



ساترن ۵

نخستین پرواز: ۹ نوامبر سال ۱۹۶۷.

موشک عظیم ساترن ۵ آپولو را پرتاب و راهی نخستین فرودش بر ماه کرد: ۱۶ ژوییه سال ۱۹۶۹.

در ۱۴ مه سال ۱۹۷۳، یازدهمین و آخرین پروازش را انجام داد.

- با توجه به فرسودگی شاتل‌های فضایی و فن‌آوری نسبتاً قدیمی در بیش‌تر پرتاب‌گرهای اصلی، سازمان فضایی ناسا پرتاب‌گرهای جدیدی را برای دهه‌ی ۲۰۱۰ میلادی آماده می‌کند. پرتاب‌گر آرس ۱ برای پرتاب فضاپیمای سرنشین‌دار اوریون به ماه و پرتاب‌گر باربری آرس ۵ برای پرتاب بخش‌های دیگر فضاپیمای سفر به ماه و ارتباط با ایستگاه فضایی طراحی شده‌اند.

مراکز پرتاب

مراکز پرتاب، دروازه‌هایی به سوی فضا هستند. ممکن است این مراکز پایگاه‌هایی کوچک یا مجموعه‌های گسترده و گران‌قیمتی به وسعت چند هکتار باشند. بزرگ‌ترین بندرگاه‌های فضایی دنیا، چند سکوی پرتاب دارند. در هفته‌های پیش از پرتاب، مهندسان ابزارهای پرتاب را در ساختمان‌های چند طبقه سر هم می‌کنند. سپس سکوهای عظیم، در حالی‌که پرتاب‌گر مونتاژ شده را حمل می‌کنند، آرام آرام به سوی سکوی پرتاب به حرکت درمی‌آیند. در اطراف پایگاه، اتاق‌های گوناگونی پراکنده‌اند: اتاق هدایت که متخصصان مأموریت فضایی از آن‌جا شمارش معکوس نهایی را زیر نظر دارند؛ مخزن‌های عظیم برای ماده‌ی پیش‌ران، ایستگاه‌های هواشناسی که وضعیت پایگاه را در روز پرتاب می‌سنجند و ایستگاه‌های ردیابی که بخش‌های نخستین صعود به فضا را زیر نظر دارند.



مرکز پرواز فضایی کِندی

این مرکز، به وسعت ۵۶۶۰۰ هکتار در کیپ کاناوِرال فلوریدا در ایالات متحده، پایگاه پرتاب شاتل‌های فضایی ناساست. این پایگاه نزدیک به منطقه‌ی حفاظت‌شده‌ی طبیعی است و باندی ۴/۵ کیلومتری دارد که خدمه‌ی پایگاه پیش از پرواز، آن‌جا را به دنبال تمساح‌های سرگردان و سیاه‌گوش‌ها می‌گردند.

مراکز اصلی پروازهای فضایی در دنیا		
نام پایگاه	**موقعیت**	**صاحب پایگاه**
آلکانتارا	برزیل	برزیل
بایکانور	قزاقستان	روسیه
جیوکوآن	چین	چین
کاگوشیما	ژاپن	ژاپن
کاپوستین یار	روسیه	روسیه
کِندی	فلوریدا	ایالات متحده
کورو	گویان فرانسه (آمریکای جنوبی)	فرانسه
پلِستسک	روسیه	روسیه
سَن‌مارکو	سکویی در آب‌های سواحل کنیا	ایتالیا
سری هاریکوتا	آندراپرادش، هند	هند
تانگاشیما	ژاپن	ژاپن
واندنبِرگ	کالیفرنیا	ایالات متحده
ژیچانگ	سی‌شوآن، چین	چین
زِنیت	سوار بر کشتی اقیانوس‌پیما	کنسرسیوم تجاری



مرکز پرواز فضایی کورو

کورو، در گویان فرانسه (کشوری کوچک در آمریکای جنوبی)، جایی است که آریان اسپیس (مسئول بیش از نیمی از ماهواره‌های تجاری بزرگ دنیا) و سازمان فضایی اروپا (اِسا) ماهواره‌های خود را از آن‌جا پرتاب می‌کنند. این پایگاه نزدیک استواست و برای جای‌گزینی ماهواره‌ها در مدارهای زمین‌ثابت، که درست بالای استوا قرار دارد، بسیار مناسب است.





مرکز پرواز فضایی بایکانور

پایگاه بایکانور در قزاقستان، بزرگ‌ترین مرکز پروازهای فضایی جهان و یکی از قدیمی‌ترین مراکز است. هواپیماهای جاسوسی آمریکا از سال ۱۹۵۵، گزارش ساختن این مرکز را می‌دادند. نخستین ماهواره، اسپوتنیک، در سال ۱۹۵۷ از پایگاه بایکانور راهی فضا شد. موشک‌های روسی، که ایستگاه فضایی بین‌المللی را تغذیه می‌کنند، از این پایگاه پرتاب می‌شوند.

موقعیت‌های پرتاب

عوامل متعددی بر انتخاب پایگاه پرتاب تأثیر می‌گذارند. در ۴۰ سال نخست عصر فضا، حوادث وحشتناک نشان داد تا چه اندازه مهم است که پرتاب‌های فضایی را از نواحی پُرجمعیت دور نگه‌دارند. البته پایگاه باید در دسترس باشد؛ زیرا برای هر پرتاب، تجهیزات سنگینی لازم است. ایالات متحده و اروپا این مشکلات را با قرار دادن پایگاه‌های فضایی در نواحی ساحلی در دسترس و با انجام‌دادن پرتاب‌ها از طریق سکوها یا کشتی‌هایی در اقیانوس، حل کردند. جغرافیا نیز مهم است. مثلاً پرتاب به سوی شرق ترجیح داده می‌شود؛ زیرا از چرخش رو به شرق زمین سود می‌برد. اما بهترین حالت آن است که پایگاه به استوا نزدیک باشد؛ زیرا در استوا چرخش زمین بیش‌ترین اثر را دارد و از سوی دیگر، ماهواره‌های بسیاری مانند تمام ماهواره‌های تلویزیونی و رادیویی مدار زمین‌ثابت در مدارهای استوایی قرار می‌گیرند. برای ارسال ماهواره‌های قطبی نیز پرتاب از نواحی دور از استوا بهتر است.

پرونده‌ی پایگاه‌های فضایی

نام پایگاه	نخستین پرتاب	محموله‌ها
آلکانتارا	۱۹۹۹	تجاری، علمی
بایکانور	۴ نوامبر ۱۹۵۷	سرنشین‌دار، علمی، تجاری
جیوکوآن	۲۶ ژوییه ۱۹۷۵	تجاری
کاگوشیما	۱۱ فوریه ۱۹۷۰	تجاری، علمی
کاپوستین یار	۱۶ مارس ۱۹۶۲	علمی
کِندی	۹ نوامبر ۱۹۶۷	سرنشین‌دار، علمی، تجاری
کورو	۱۰ مارس ۱۹۷۰	تجاری، علمی
پلِستسک	۱۷ مارس ۱۹۶۶	نظامی، کاربرد چندگانه
سَن مارکو	۲۶ آوریل ۱۹۶۷ (در ۱۹۸۸ متوقف شد)	موشک‌ها
سری‌هاریکوتا	۱۸ ژوییه ۱۹۸۰	علمی، کاربرد چندگانه
تانگاشیما	۱۱ فوریه ۱۹۷۵	علمی، تجاری
واندنبرگ	۲۸ فوریه ۱۹۵۹	نظامی
ژیچانگ	۲۹ ژانویه ۱۹۸۴	علمی، کاربرد چندگانه
پایگاه متحرک دریایی زِنیت	۲۷ مارس ۱۹۹۹	تجاری



سکوهای پرتاب

پایگاه‌های فضایی در خشکی، بسیار پُرهزینه‌اند و سود قابل توجهی از آن‌ها عاید نمی‌شود تا توجیه مناسبی برای سرمایه‌گذاری بخش صنعتی باشد. اما چهار شرکت از ایالات متحده، روسیه، اوکراین و نروژ، در ساخت سکوی پرتاب دریایی زِنیت با هم مشارکت کردند. این پرتاب‌گر با کشتی اقیانوس پیما به مکان استوایی ایمنی در میان اقیانوس بُکسِل می‌شود و به موقعیت آغاز پرتاب می‌رسد. این پرتاب‌گر ماهواره‌ای به وزن ۵۸۰۰ کیلوگرم را به مدار زمین‌ثابت پرتاب می‌کند.

مرکز پرواز فضایی آلکانتارا در برزیل یکی از جدیدترین مراکز فضایی دنیاست.

پلستسک
کاپوستین یار
بایکانور
واندنبرگ
کندی
کورو
استوا
آلکانتارا
سن مارکو

بیش‌تر بدانیم

پرتاب‌گرهای فضایی ۴۸
شمارش معکوس ۵۲
ماهواره‌ها و مدارها ۵۴

شمارش معکوس

آخرین بخش هر عملیات پرتاب، زمانی آغاز می‌شود که همه‌ی اجزای جداگانه به مرکز پرتاب می‌رسند تا به ابزار پرتاب متصل شوند. برای مثال، عملیات پرتاب موشک آریان ۵، از ۲۱ روز پیش از زمان برنامه‌ریزی شده‌ی پرتاب و خودِ شمارش معکوس از ٦ ساعت پیش از پرتاب آغاز می‌شود. در مدت شمارش معکوس، مهندسان پایگاه را برای پرتاب آماده می‌کنند و خدمه نیز از محل تخلیه می‌شوند. حدود یک ساعت پیش از پرتاب، تدارکات برای سنجش نهایی داده‌ها مربوط به کارایی تمام دستگاه‌ها آغاز می‌شود که به این شماره‌های مشهور منجر می‌گردد: «دَه، نُه، هشت، هفت... .»



حمل و نقل موشک‌ها

کشتی حامل قطعات گوناگون موشک آریان ۵ به گویان فرانسه، سفر خود را از برمِن آلمان آغاز می‌کند. در آن نقطه، مرحله‌ی بالایی موشک بار زده می‌شود. دیگر بخش‌ها با کشتی در مسیر رودهای اروپا تا روتردام در هلند یا تا لوهاور در فرانسه می‌آیند و به کشتیِ عازم کورو ملحق می‌شوند. سفر از لوهاور تا کورو ۱۱ روز طول می‌کشد.

هدایت مأموریت

اتاق هدایت ژوپیتر در کورو، گویان فرانسه (آمریکای جنوبی)، پرتاب آریان ۵ را هدایت می‌کند. سه گروه وضعیت پرتاب‌گر و محموله را زیرنظر دارند. ایستگاه‌های ردیابی نیز صعود موشک را دنبال می‌کنند و در همین حال، گروه‌های هواشناسی و امنیت هم جداگانه مشغول‌اند. وقتی همه‌ی این گروه‌ها وضعیت را سبز اعلام کردند، مدیر عملیات اجازه‌ی شروع بخش نهایی شمارش معکوس را صادر می‌کند.



سالن تماشای اتاق هدایت ژوپیتر.

الحاق محموله

برای پرتاب با آریان ۵، ماهواره‌ها و دماغه‌ی محافظ آن‌ها در آخرین اتاق مونتاژ حدود ۸ روز پیش از پرتاب، روی پرتاب‌گر نصب می‌شوند. ماهواره از طریق آریان ۵ به اتاق هدایت ژوپیتر متصل می‌شود و به این ترتیب، محموله در مراحل نهایی شمارش معکوس، زیر نظر است.



ماهواره‌ی مخابراتی در حال آماده شدن برای پرتاب با آریان ۵.

اتاق هدایت ژوپیتر در یکی از پرتاب‌های موشک آریان



این صفحه مسیر پرتاب را نمایش می‌دهد.

مدیر گروه ردیابی، مسیر پرتاب‌گر را با رادار زیر نظر دارد.

گروه تلکام (ارتباط تلفنی) با ایستگاه‌هایی که صعود پرتاب‌گر را ردیابی می‌کنند، در ارتباط‌اند.

هدایت‌گران، مأموریت تجهیزات پشتیبانی پرتاب را در سکوی پرتاب و نزدیکی آن زیر نظر دارند.

گروه محموله وضعیت ماهواره را زیر نظر دارد و اطمینان حاصل می‌کند که ایستگاه‌های ردیابی صاحبان محموله آماده‌ی دریافت علائم ماهواره، هنگام ورود آن به مدار هستند.

جانشین مدیر گروه پرتاب، برای DDO مانند پشتیبان عمل می‌کند.

مدیرگروه پرتاب، اطلاعات مربوط به وضعیت پرتاب‌گر را به DDO می‌رساند.

مدیر عملیات (DDO) اجازه‌ی شمارش معکوس نهایی را این‌چنین صادر می‌کند: «از DDO به همه، توجه کنید، آغاز سلسله عملیات هماهنگ.»

چهار رایانه جلو کارمندان رده‌بالای سازمان‌های فضایی اروپا و فرانسه، صاحب ماهواره و نماینده‌ی آریان اسپیس قرار دارد.

به سوی سکوی پرتاب

یک میز پرتاب ۸۷۰ تُنی پرتاب‌گر را در زمان مونتاژ پشتیبانی می‌کند. روز پیش از پرتاب، کامیونی پرتاب‌گر و میز پرتاب را در ریل‌هایی به سوی سکوی پرتاب یدک می‌کشد. کامیون و میز با هم ۱۵۰۰ تُن (برابر با ۱۵۰۰ اتومبیل) وزن دارند. ماده‌ی پیش‌ران (سوخت و اکسیدکننده) در سکو به پرتاب‌گر تزریق می‌شود.



واحد خدمات روی میز پرتاب، آریان ۵ را حین سفر به سکوی پرتاب خنک نگه‌می‌دارد.

روی سکوی پرتاب

در محوطه‌ی پرتاب، سه مجرای خندق‌مانند وجود دارد که شعله‌های موتور اصلی و موتورهای کمکی در حین پرتاب از آن‌ها می‌گریزند. برج آب نیز در هنگام پرتاب، آب را ۳۰ متر مکعب در ثانیه روی محوطه می‌ریزد تا هم سروصدا را کاهش دهد و هم خندق و میز پرتاب را خنک کند. بدون آب، لرزه‌ی حاصل از سروصدا ممکن است به پرتاب‌گر و محموله‌ی آن آسیب برساند.



شمارش معکوس برای پرتاب	
۳۶۰ ثانیه	آغاز دنباله‌ی زمان‌بندی شده منجر به احتراق اصلی
۳۰ ثانیه	شیرهای فلکه باز می‌شوند تا خندق‌های شعله از آب پر شوند.
۱۳ ثانیه	به رایانه‌های سوار بر موشک اجازه داده می‌شود مأموریت را به‌عهده بگیرند.
احتراق اصلی	رشته‌ی احتراق‌های موتور اصلی آغاز و عملکرد آن بررسی می‌شود. سرانجام هر دو موشک کمکی سوخت جامد روشن می‌شوند.
۷ ثانیه پس از احتراق اصلی	پرتاب آغاز شد.

پرتاب

محوطه‌ی پرتاب از ٦ ساعت پیش از پرتاب کاملاً آماده است. برنامه‌ی پرواز روی دو رایانه‌ی سوار بر موشک ریخته شده است و بررسی ارتباطات رادیویی بین پرتاب‌گر و زمین را آغاز می‌کند. پنج ساعت پیش از پرتاب، مخزن‌های مرحله‌ی اصلی موشک از ماده‌ی پیش‌ران پر می‌شوند. شش دقیقه پیش از پرتاب، دنباله‌ی هماهنگی از روی‌دادها، که به پرتاب منجر می‌گردد، آغاز می‌شود.

بیش‌تر بدانیم

موشک‌ها چگونه کار می‌کنند؟ ۴۴
پرتاب‌گرهای فضایی ۴۸
پیش‌رانش موشک ۴۶
مراکز پرتاب ۵۰

ماهواره‌ها و مدارها

می‌توان هر چیزی را که در مداری به دور جسم دیگری بگردد، قمر نامید. برای مثال، ماه قمر طبیعی زمین است. از سال ۱۹۵۷، چند هزار قمر مصنوعی (یا ماهواره) به مداری به گرد زمین پرتاب شده‌اند. اندازه‌ها و شکل‌های آن‌ها بسیار متنوع است و در مدارهای متفاوتی جای می‌گیرند که به اهداف و کاربردهای آن‌ها بستگی دارد. مثلاً بسیاری از ماهواره‌های مخابراتی در مدارهای زمین‌ثابت و بسیاری از ماهواره‌های هواشناسی در مدارهای قطبی جای می‌گیرند. ماهواره‌ها، در هر مداری که باشند، باید ثابت باقی بمانند تا ابزارهایشان همواره به یک جهت نشانه رود.

تثبیت ماهواره‌ها

اگر مدار ماهواره‌ها پایدار نباشد یا اگر به گونه‌ی پیش‌بینی‌ناپذیری به دور خود بچرخند، نمی‌توانند وظیفه‌ی خود را انجام دهند. مثلاً بشقاب یک ماهواره‌ی مخابراتی همواره باید به سوی ایستگاه گیرنده باشد یا اگر در حال مخابره‌ی علائم تلویزیونی است، باید به سوی کشور هدف خود نشانه برود. دو روشی که معمولاً برای حفظ ثبات ماهواره‌ها و جلوگیری از چرخش خارج از کنترل آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، تثبیت چرخشی و تثبیت سه محوری است.

ماهواره‌ی مخابراتی HS۳۷۶ به روش چرخشی تثبیت شده است.

آنتن برای دورسنجی و فرماندهی

بشقاب آنتن نمی‌چرخد.

فرستنده از این آنتن علائم رادیویی را ارسال می‌کند که از بشقاب به سوی زمین بازتاب می‌شود.

تجهیزات به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که داخل شکل استوانه‌ای ماهواره جای بگیرند.

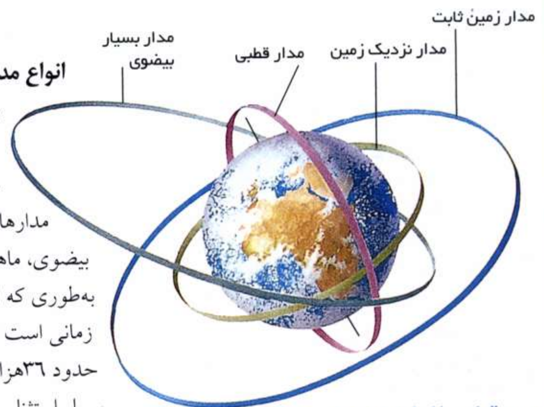
اگر حس‌گرها لرزشی را در ماهواره آشکار کنند، موتورهای تغییر جهت، چرخش را تصحیح و ثبات ماهواره را حفظ می‌کنند.

وقتی ماهواره به مدار رسید، صفحه‌های خارجی به صورت کشویی پایین می‌روند تا صفحه‌های خورشیدی زیر آن‌ها نمایان شود. به این ترتیب، توان الکتریکی ماهواره افزایش می‌یابد.

صفحه‌های سلول‌های خورشیدی

انواع مدار

بیش‌تر ماهواره‌ها به یکی از ٤ مدار اصلی پرتاب می‌شوند. مدار نزدیک زمین تقریباً دایره‌ای تا حدود ۲۵۰ کیلومتر بالاتر از زمین است. ارتفاع مدارهای قطبی معمولاً ۸۰۰ کیلومتر است. مداری بسیار بیضوی، ماهواره را از زمین دور و به آن نزدیک می‌کند؛ به‌طوری که ارتفاع ماهواره در حضیض مداری، بسیار کم‌تر از زمانی است که در اوج مداری قرار می‌گیرد. مدار زمین‌ثابت حدود ۳٦هزار کیلومتر بالاتر از استوا قرار گرفته و جایگاهی بسیار استثنایی است.



در مقیاس اغراق شده تا تصویر واضح باشد.

تله‌متری، ردیابی و فرمان‌دهی

تله‌متری، به معنی دورسنجی یا مسافت‌سنجی، به افراد روی زمین کمک می‌کند اندازه‌گیری‌های متفاوتی را از ماهواره‌های در مدار دریافت کنند. این اندازه‌گیری‌ها، که به صورت علائم رادیویی ارسال می‌شوند، ممکن است شامل اطلاعاتی باشند که به متصدیان ماهواره امکان مشخص کردن موقعیت آن را بدهند. به این ترتیب، می‌توان ماهواره را ردیابی کرد و برای تغییر یا تصحیح موقعیت آن، فرمان‌هایی با علائم رادیویی فرستاد. تله‌متری شامل داده‌هایی است که به هدایت‌گران زمینی امکان می‌دهد درست کار کردن ماهواره را بررسی کنند.

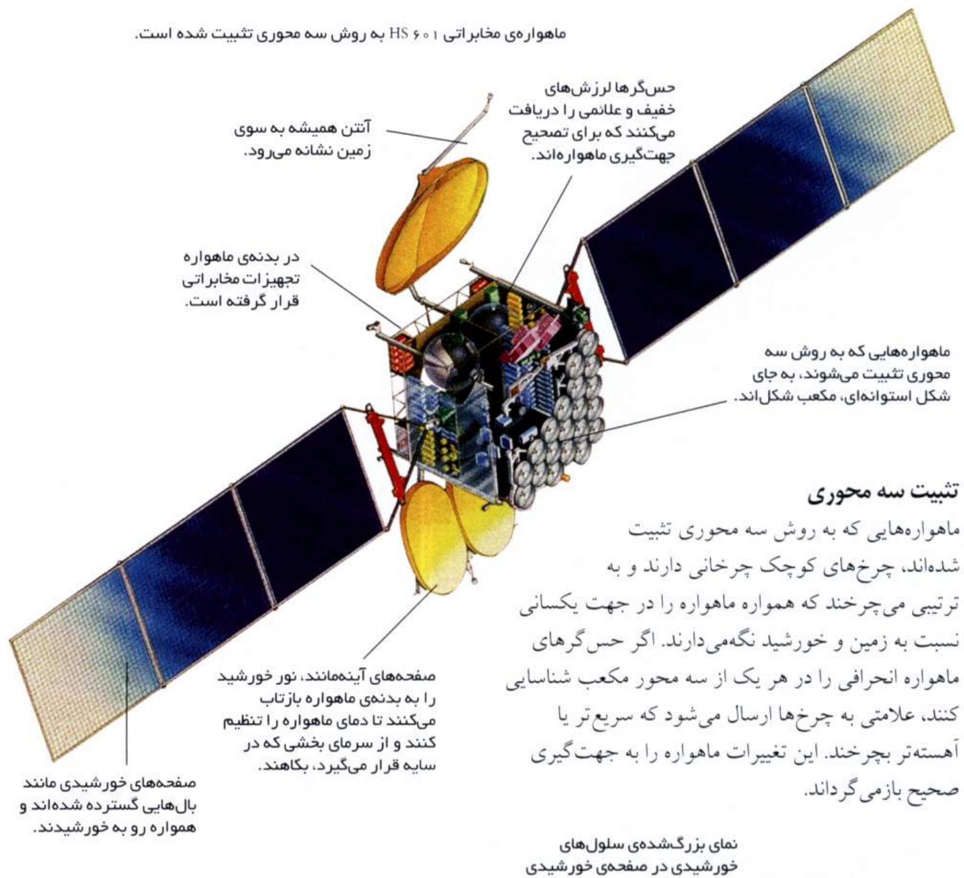




آنتن رادیویی بزرگ برای ارسال و دریافت امواج به ماهواره

تثبیت چرخشی

طبیعتاً اغلب اجسامی که می‌چرخند، پایدارند. فرفره‌ای چرخان، اگر به حدّ کافی سریع چرخانده شده باشد، در وضعیتی پایدار می‌ماند. دوچرخه هم به سبب چرخش چرخ‌ها صاف می‌ایستد. در نخستین روزهای عصر ماهواره‌ها، طراحان تصمیم گرفتند از این اصل بهره ببرند. حاصل کار، ماهواره‌های تثبیت‌شده از طریق چرخش بود. معمولاً این ماهواره‌ها استوانه‌ای شکل‌اند و تقریباً در هر ثانیه یک دور می‌زنند. بشقاب آنتن ماهواره باید همواره به سوی زمین باشد؛ بنابراین، نباید مانند ماهواره، به دور خود بچرخد. از سوی دیگر، طراحان باید توجه کنند که بشقابِ ماهواره سبب ناپایداری چرخش آن نشود.



ماهواره‌ی مخابراتی HS ۶۰۱ به روش سه محوری تثبیت شده است.

تثبیت سه محوری

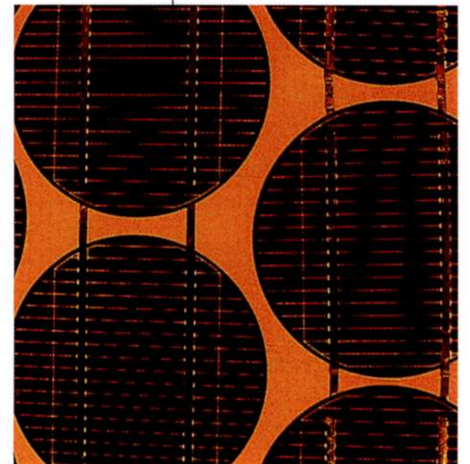
ماهواره‌هایی که به روش سه محوری تثبیت شده‌اند، چرخ‌های کوچک چرخانی دارند و به ترتیبی می‌چرخند که همواره ماهواره را در جهت یکسانی نسبت به زمین و خورشید نگه‌می‌دارند. اگر حس‌گرهای ماهواره انحرافی را در هر یک از سه محور مکعب شناسایی کنند، علامتی به چرخ‌ها ارسال می‌شود که سریع‌تر یا آهسته‌تر بچرخند. این تغییرات ماهواره را به جهت‌گیری صحیح بازمی‌گرداند.

داده‌های مداری ماهواره

مدار	محموله‌ی متداول
نزدیک زمین	ارتباطات سیار (مانند تلفن‌های ماهواره‌ای)، شناسایی
زمین‌ثابت	آب و هوا، مخابرات (ماهواره‌های رادیو ـ تلویزیونی)، ناوبری
قطبی	آب و هوا، ناوبری
بسیار بیضوی	ارتباطات در عرض‌های شمالی‌تر

دیگر روش‌های تثبیت

می‌توان از نیروهایی که به ماهواره وارد می‌شوند، استفاده کرد و ماهواره را در فضا پایدار نگه‌داشت. مثلاً ماهواره‌های بزرگ می‌توانند از گرانش بهره ببرند و خود را به نحوی هم‌خط کنند که تجهیزاتشان همواره به سوی زمین باشد (مثلاً تلسکوپ فضایی هابل نشانه‌گیری‌های دقیق خود را با این روش و به کمک ژیروسکوپ‌ها انجام می‌دهد). برخی هم با میدان مغناطیسی زمین برهم‌کنش دارند تا در وضعیتی پایدار بمانند. روش تثبیت ماهواره به هدف ماهواره و مداری که در آن حرکت می‌کند، بستگی دارد.


نمای بزرگ‌شده‌ی سلول‌های خورشیدی در صفحه‌ی خورشیدی

سلول‌های خورشیدی

وقتی نور به سلول‌های خورشیدی می‌رسد، انرژی الکتریکی تولید می‌کنند. در ماهواره، این سلول‌ها در صفحه‌های خورشیدی تعبیه شده‌اند که گاه آرایه‌ی خورشیدی نامیده می‌شوند. آرایه‌های خورشیدی، توانی را که ماهواره‌ها برای انجام‌دادن وظایف خود نیاز دارند، تأمین می‌کنند. افزون بر این، این سلول‌ها توان الکتریکی لازم را برای تصحیح مدار و حفظ ماهواره و محموله در آن مدار، تولید می‌کنند.

نخستین ماهواره‌ها

• اسپوتنیک ۱ (که در چهارم اکتبر سال ۱۹۵۷ پرتاب شد)، نخستین ماهواره‌ی انسان بود. این ماهواره‌ی روسی فقط «بیپ»هایی پیوسته به زمین مخابره می‌کرد و هیچ نوع داده تله‌متری نمی‌فرستاد.

• اکسپلورر ۱ (که در اول فوریه سال ۱۹۵۸ پرتاب شد)، نخستین ماهواره‌ی ایالات متحده بود. این ماهواره شواهدی بر وجود کمربند تابشی وان آلن در میدان مغناطیسی زمین یافت.

• اکسپلورر ۷ (که در هفتم اوت سال ۱۹۵۹ پرتاب شد)، ماهواره‌ای آمریکایی و حامل نخستین ابزارها برای سنجش از دور و بررسی آب و هوا بود.

• ماهواره‌ی آمریکایی ترانزیت 1B (که در سیزدهم آوریل سال ۱۹۶۰ پرتاب شد) نخستین ماهواره‌ی ناوبری دنیا بود.

• نخستین ماهواره‌ی هواشناسی دنیا، ماهواره‌ی آمریکایی تیروس ۱ بود که در اول آوریل سال ۱۹۶۰ پرتاب شد. این ماهواره به مدت ۲ ماه تصاویری به زمین ارسال می‌کرد.

• ماهواره‌ی ارلی‌برد (سحرخیز) از سلسله ماهواره‌های اینتل‌سَت (که در ۶ آوریل سال ۱۹۶۵ پرتاب شد)، نخستین ماهواره‌ی مخابراتی بود که برای استفاده‌ی تجاری کار می‌کرد.

عملیات نجات ماهواره‌ی وِستار



فضانورد شاتل فضایی، ماهواره‌ی وستار را از فضا گرفت تا به محفظه‌ی بار شاتل منتقل و برای تعمیر به زمین بازگرداند.

داده‌های خانه‌داری

اطلاعات درباره‌ی سلامت ماهواره را «داده‌های خانه‌داری» می‌نامند. اگر اشتباهی در کار ماهواره رخ دهد، مثلاً اگر ناپایدار شود، این داده‌ها به هدایت‌گران زمینی هشدار می‌دهند. متصدیان ماهواره روی زمین معمولاً می‌توانند فرمانی ارسال کنند تا مشکل حل شود یا اگر ماهواره بسیار ارزش‌مند باشد، یک مأموریت نجات تدارک ببینند.

بیش‌تر بدانیم

پرتاب‌گرهای فضایی ۴۸
ماهواره‌های مخابراتی ۵۸
ماهواره‌های هواشناسی ۶۲
ماهواره‌های منابع زمینی ۶۴
ماهواره‌های نظامی ۶۶

سازمان‌های فضایی و جایگاه ایران

امروزه حدود ۵۰ کشور جهان، نمادهایی ملی به نام آژانس یا سازمان فضایی دارند. در حالی که پیش‌گامان عصر فضا افراد یا مراکزی از کشورهای شوروی سابق، آلمان و ایالات متحده بودند، اکنون در فهرست فعالان فضایی نام کشورهای در حال توسعه‌ای مانند کره‌ی شمالی، بنگلادش، تایوان، پاکستان، پرو، نیجریه و برزیل هم دیده می‌شود.

در ایران نیز پس از چند سال پژوهش، مراکزی مانند پژوهشگاه هوافضا، مرکز سنجش از دور و گروه و دانشکده‌های هوافضا در دانشگاه‌هایی مانند صنعتی شریف، امیرکبیر و خواجه نصیرالدین توسی آن‌قدر رشد کرد که سازمان فضایی ایران (ISA)، در خرداد ۱۳۸٤ (۲۰۰۵ میلادی) تأسیس شد. این سازمان زیر نظر وزارت ارتباطات و اطلاعات و شورای عالی فضایی ایران فعالیت می‌کند. پیش‌برد طرح‌های مخابراتی، طراحی و همکاری دریافت ماهواره‌های مورد نیاز ایران، اطلاع‌رسانی و ترویج دانش فضایی در میان ایرانیان و جست‌وجوی پژوهش‌های مشترک اخترشناسی و علوم فضا از جمله فعالیت های این سازمان است. پرتاب ماهواره‌ی سینا در سال ۱۳۸٤ ایران را صاحب ماهواره‌ای داخلی کرد و کشور ما را در مقام چهل و دومین کشور عضو باشگاه فضایی قرار داد.



سنجش از دور یکی از فعالیت‌های اصلی سازمان‌های فضایی است.



تصویر ماهواره‌ای از میدان آزادی تهران. چنین تصاویری به بهبود مدیریت شهری و مدیریت بحران کمک فراوانی می‌کند.

سنجش از دور

یکی از گسترده‌ترین فعالیت‌های سازمان فضایی ایران، سنجش از دور، شامل تهیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌های زمین برای پیش‌بینی وقایع طبیعی، بررسی منابع طبیعی و زمین‌های کشاورزی و جاده‌ها، همکاری با سازمان‌هایی مانند هواشناسی، زمین‌شناسی و اقیانوس‌شناسی برای ارائه‌ی اطلاعات و تصاویر فضایی مورد نیاز، بررسی تصاویر ماهواره‌ای از شهرهای ایران و جهان برای کمک به مدیریت شهری و مدیریت بحران و...

دریای خزر، رشته کوه البرز و مخروط عظیم دماوند در فصل تابستان، در این نمای رایانه‌ای حاصل از داده‌های ماهواره‌ای، دیده می‌شود.



فعالیت‌های فضایی سرنشین‌دار

کار برخی سازمان‌های فضایی، بیش‌تر بر سنجش از دور و ماهواره‌ها و کاوش‌گرهای بدون سرنشین متمرکز است. برخی کشورها مانند روسیه، ایالات متحده، اتحادیه‌ی اروپا و چین، برای مأموریت‌های ارسال و اقامت انسان در فضا، سرمایه‌گذاری بسیاری انجام داده‌اند. بنا بر اعلام مسئولان فضایی ایران، ارسال موجود زنده و سرانجام انسان به فضا نیز در برنامه‌های بلندمدت پژوهش‌های فضایی کشور قرار گرفته است که پیش‌نیاز آن، سال‌ها آزمایش و تحقیق، آموزش‌های دانشگاهی و همکاری با سازمان‌های فضایی پیش‌رفته در فضانوردی است.

امید ایران

در جهان، کشورهای کمی توانایی پرتاب ماهواره به مدار زمین را دارند. در بهمن ۱۳۸۷شمسی/ فوریه ۲۰۰۹میلادی، موشک ماهواره‌بر سفیر، نخستین ماهواره‌ی ساخته‌ی متخصصان ایرانی را به فضا برد و ایران را در جمع ۱۰ کشور توانا در پرتاب ماهواره قرار داد. سفیر موشکی ۲۲ متری و دومرحله‌ای است. امید ماهواره‌ای ساده و کوچک برای فعالیت‌های مخابراتی و پژوهشی به پهنای ۴۰ سانتی‌متر و وزن ۲۷ کیلوگرم بود که طی ۷ هفته فعالیت، مداری به ارتفاع حدود ۳۰۰ کیلومتر را دور می‌زد. پس از پایان مأموریت و افت مداری، به سبب اصطکاک لایه‌های بالایی جوّ زمین طبق برنامه در اقیانوس اطلس سقوط کرد.

موشک ماهواره بر سفیر که ماهواره‌ی امید را به فضا برد.







میزان خسارت

در فعالیت‌های سنجش از دور، همواره بررسی فاجعه‌ها و رخ‌دادهای طبیعی بزرگ در زمین مهم است. این دو تصویر ماهواره‌ای ارگ بم در استان کرمان را پیش (راست) و پس از زلزله‌ی ویران‌گر سال ۱۳۸۲ نشان می‌دهد. چنین تصاویری برای شناخت میزان خسارت وارد شده و مرمت و بازسازی درست، اهمیت بسیار دارند.

رقابت تازه میان چین و هند

سازمان‌های فضایی چین و هند از سریع‌ترین مراکز فضایی در حال رشدند. چین نخستین فضانوردان خود را در سال‌های اخیر با فضاپیماهای ساخت این کشور به مدار برد و اکنون طرح ساخت یک ایستگاه فضایی و سفر به مریخ را دنبال می‌کند. هند علاوه بر ارسال ماهواره‌هایی به مدار، کاوش‌گر موفقی را به ماه رساند و در اندیشه‌ی سفر انسان به ماه است. رقابت میان این دو کشور در تسخیر فضا، یادآور مسابقه‌ی فضایی میان شوروی و ایالات متحده در آغاز عصر فضاست.

بزرگ‌ترین سازمان‌های فضایی جهان به ترتیب بودجه‌ی سالانه

عنوان	کشور	سال تأسیس	پایگاه اینترنتی
ناسا (NASA)	ایالات متحده	۱۹۵۸	WWW.NASA.GOV
اِسا (ESA)	اتحادیه‌ی اروپا	۱۹۷۵	WWW.ESA.INT
CNES	فرانسه	۱۹۶۱	WWW.CNES.FR
جاکسا (JAXA)	ژاپن	۲۰۰۳	WWW.JAXA.JP
RKA	روسیه	۱۹۹۲ و پیش از آن به نام‌های دیگر در شوروی سابق	WWW.FEDERALSPACE.RU
DLR	آلمان	۱۹۶۹	WWW.DLR.DE
ASI	ایتالیا	۱۹۸۸	WWW.USI.IT
ISRO	هند	۱۹۶۹	WWW.ISRO.ORG
CNSA	چین	۱۹۹۳	WWW.CNSA.GOV.CN
BNSC	انگلستان	۱۹۸۵	WWW.BNSC.GOV.UK
CSA	کانادا	۱۹۸۹	WWW.SPACE.GC.CA

ماهواره‌های فعال و از کار افتاده

روسیه و ایالات متحده به ترتیب با پرتاب بیش از ۱۴۰۰ و ۱۰۰۰ ماهواره، بیش‌ترین سهم را در چند هزار فضاپیما و ماهواره‌ی ارسال شده به فضا دارند. پس از آن‌ها، ژاپن با حدود ۱۳۰ و چین با حدود ۹۰ ماهواره، با تفاوت زیادی قرار دارند. اکنون بیش از ۹۰۰ ماهواره در مدار زمین فعال‌اند؛ اما تعداد کل ماهواره‌ها و تکه‌های خراب شده و رهاشده، که زباله یا پس‌ماندهای فضایی خوانده می‌شوند، بسیار بیش‌تر است. آمار نسبتاً دقیقی از زباله‌های فضایی بزرگ‌تر از ده سانتی‌متر در مدارهای نزدیک به زمین در دست است. تعداد آن‌ها حدود ۲۰ سال پیش، چندهزار عدد بود؛ اما اکنون نزدیک به ۲۰هزار تکه است. چین و روسیه با آزمایش موشک‌های ضدّماهواره‌ی خود، در تولید زباله‌های فضایی سهم زیادی دارند. این تکه‌های سرگردان در مدارهای پایین به مرور در جوّ سقوط می‌کنند و می‌سوزند؛ اما در مدارهای بالاتر، قرن‌ها باقی می‌مانند و برای ماهواره‌های دیگر و فضانوردان بسیار خطرناک‌اند.

ماهواره‌های مخابراتی

تماس‌های تلفنی، مخابره‌ی امواج تلویزیونی و اینترنت به کمک ماهواره‌های مخابراتی انجام می‌شود. این ماهواره‌ها مکان‌های دور از هم را در سیاره‌ی زمین به هم متصل می‌کنند و ایجاد ارتباط با نقاط دوردست را امکان‌پذیر می‌سازند. بسیاری از آن‌ها در مدار زمین‌ثابت (GEO) قرار دارند؛ اما تقاضا برای توسعه‌ی ارتباطات آن‌قدر افزایش یافته که این مدار بسیار شلوغ شده است. از دهه‌ی ۱۹۹۰، ناوگانی از ماهواره‌ها به مدارهای نزدیک زمین (زیر مدار GEO) پرتاب شده‌اند تا امواج تلفن‌های همراه را، که هر روز بیش‌تر می‌شوند، دریافت و ارسال (رِله) کنند.

بازفرستنده‌ها

ابزارهایی به نام بازفرستنده‌ها یا فرستنده ـ گیرنده‌های خودکار، قلب ماهواره‌های مخابراتی و شامل زنجیره‌ای از اجزای الکترونیک‌اند. این اجزا، علائم رادیویی را، که ممکن است پس از سفر از درون جوّ آشفته شده باشند، سروسامان می‌دهند و آن‌ها را به فرکانس‌هایی، که برای ارسال مجدد به سوی زمین لازم است، تبدیل می‌کنند. به‌علاوه، علائم را پیش از ارسال، تقویت می‌کنند.

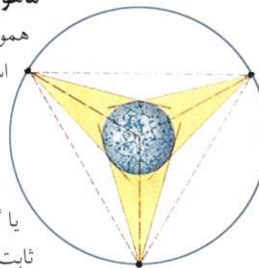
بازفرستنده‌ی ماهواره‌ی مخابراتی



ماهواره‌ی اینتِل سَت ـ ۵

ماهواره‌های زمین‌ثابت

همواره به‌نظر می‌رسد ماهواره‌هایی در مدار GEO یا زمین‌ثابت بر فراز استوا بالای یک نقطه‌ی زمین ثابت‌اند. آن‌ها به این دلیل ثابت به‌نظر می‌رسند که مدت یک دور گردش ماهواره در ارتفاع ۳۶هزار کیلومتری بالای زمین، برابر با مدت یک بار چرخش زمین به دور محور خود است. آن‌ها در میدان دید یک ایستگاه زمینی یا گیرنده‌ای، مانند بشقاب گیرنده‌ی ماهواره‌ای، همواره ثابت باقی می‌مانند.



سه ماهواره، که با فاصله‌های برابر در مدار GEO قرار دارند، می‌توانند تمام سیاره، به‌جز نواحی قطبی را زیر نظر بگیرند.

آرتور سی. کلارک، نویسنده‌ی داستان‌های علمی ـ تخیلی، نخستین بار در سال ۱۹۴۵ از مدار زمین‌ثابت برای ماهواره‌های مخابراتی سخن گفت.



به مدد ماهواره‌های مخابراتی، برقراری تماس‌های تلفنی بین هواپیما و زمین امکان‌پذیر شده است.

حلقه‌ی ارتباطات

آنتن‌های روی زمین و سوار بر ماهواره‌ها، امواج رادیویی حامل تماس‌های تلفنی، امواج رادیویی رادیو ـ تلویزیون یا داده‌ها را ارسال و دریافت می‌کنند. برای مثال، یک تماس تلفنی از ایران به اروپا از شبکه‌ی تلفن عمومی به یک ایستگاه زمینی نزدیک می‌رود و از آن‌جا به صورت امواج رادیویی به ماهواره‌ای در مدار زمین‌ثابت (GEO) ارسال می‌شود. سپس این ماهواره امواج رادیویی را تقویت و به آنتنی در اروپا ارسال می‌کند و علائم از آن‌جا وارد شبکه‌ی تلفن عمومی اروپا می‌شود و به مقصد می‌رسد. تمام این مراحل معمولاً در کسری از ثانیه انجام می‌شود.

علائم رادیویی در طی سفر در فضا، به سبب پراکندگی و دریافت ماهواره‌ای بخشی از جبهه‌ی موج ارسال شده، قدرت خود را از دست می‌دهند.

ردّ پای ماهواره

درست مثل نور چراغ قوه، که به شکل‌ها و زوایای متفاوتی می‌تابد، امواج رادیویی نیز، که از ماهواره‌ای ارسال می‌شوند، طبق الگویی خاص روی زمین می‌افتند. این الگو را ردّ پای ماهواره می‌نامند. آنتن‌هایی که درون این ردّپا یا منطقه‌ی زیر پوشش باشند، علائمی را به ماهواره ارسال یا از آن دریافت می‌کنند.

آنتن‌ها علائم را ارسال و دریافت می‌کنند. آن‌ها، صرف نظر از این‌که ایستگاه زمینی روی خشکی، در دریا یا در هوا باشد، برای هر ایستگاه بخشی ضروری به‌شمار می‌آیند.

ایستگاه‌های زمینی

آنتن‌ها و دیگر تجهیزاتی را که روی زمین برای ارسال و دریافت امواج به ماهواره و از آن لازم است، ایستگاه زمینی می‌نامند. ممکن است ایستگاه‌های زمینی در ساختمان‌های بزرگ جاسازی شوند. آنتن‌های آن‌ها مانند دروازه‌هایی عمل می‌کنند که مثلاً هزاران تماس تلفنی از آن‌ها به سوی ماهواره ارسال یا از آن دریافت می‌شود. در عین حال، امکان دارد ایستگاه‌های زمینی واحدهای کوچکی باشند که روی کشتی یا داخل هواپیما سوار شوند.



ممکن است رد پای ماهواره، تمام یک قاره یا فقط یک کشور را پوشش دهد.



آنتن‌های ماهواره

نخستین آنتن‌ها علائم را در همه‌ی جهات پخش می‌کردند و قدرت محدود ماهواره را به هدر می‌دادند. امروزه، آن‌ها بسیار ظریف‌تر و پیچیده‌تر شده‌اند و پرتوهای باریک بسیار قدرت‌مندی را به ناحیه‌ای خاص از زمین ارسال می‌کنند. این آنتن‌ها معمولاً بزرگ‌تر از آن‌اند که در دماغه‌ی موشک پرتاب‌گر جای بگیرند؛ به این سبب، آنتن در مدار باز می‌شود و به آرایش نهایی خود می‌رسد.

توانایی در حال رشد			
ماهواره	نخستین پرتاب	قابلیت انتقال	
		شبکه‌های تلویزیونی	دور صدا
سحرخیز	۱۹۶۵	۱ یا	۲۴۰
اینتل‌ست ۳	۱۹۶۸	۴ یا	۱۵۰۰
اینتل‌ست ۵	۱۹۸۰	۲ و	۱۲۰۰۰
اینتل‌ست ۸	۱۹۹۷	۳ و	۲۲۵۰۰

سال‌شمار تاریخ ارتباطات

• در سال ۱۹۵۴، نیروی دریایی ایالات متحده با استفاده از بازتاب علائم از سطح ماه، از واشنگتن به هاوایی پیغام فرستاد.



• در سال ۱۹۶۰، سازمان فضایی ناسا و شرکت مخابرات بل بالُن آلومینیوم اندودشده‌ای به نام اکو را به فضا فرستادند که علائم را در سراسر آمریکای شمالی مخابره می‌کرد.

• نخستین ماهواره‌ی زمین‌ثابت دنیا برای مقاصد تجاری ماهواره‌ی سحرخیز (اینتل‌سَت - ۱) بود که در آوریل ۱۹۶۵ پرتاب شد.

شبکه‌ی ماهواره‌ها

در اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰، ناوگان‌هایی از ماهواره‌ها، مانند گلوبال اِستار و ایریدیوم، به مدارهای نزدیک زمین (LEO) ارسال شدند. این ماهواره‌ها، در مقایسه با ماهواره‌های مدار GEO بسیار به زمین نزدیک‌ترند. به این سبب، برای ارسال پیام به تجهیزات کوچک‌تر و ارزان‌تری نیاز دارند. ماهواره‌های مخابراتی در مدار LEO برای کاربردهایی نظیر منتقل کردن علائم تلفن‌های همراه از سامانه‌ای بر پایه‌ی ماهواره‌های GEO کم‌هزینه‌تر می‌شود. در شبکه‌ی ماهواره ایریدیوم بیش از ۶۰ ماهواره در مدارهای گوناگون با گردش به دور زمین تقریباً سراسر سیاره را پوشش می‌دهند و در آسمان هر ناظر زمینی، در هر لحظه دست کم یکی دو ماهواره ایریدیوم وجود دارد تا پیام را بگیرد و به ماهواره‌ی دیگری در شبکه انتقال دهد و به گیرنده‌ی مورد نظر در جای دیگری از زمین برساند.

ماهواره‌های اینتل‌سَت بیش از سه دهه، سامانه‌های مخابراتی بین‌المللی فراهم آوردند.

آنتن علائم را بر ناحیه‌ای خاص روی زمین متمرکز می‌کنند.

ارتباطات به سمت پایین

بشقاب آنتن علائم را ارسال و دریافت می‌کند.

مجموعه گلوبال استار ۴۸ ماهواره دارد.

مجموعه ایریدیوم ۶۶ ماهواره دارد.

دایره‌های سفید ردپای ماهواره‌اند. خود ماهواره‌ها به رنگ سبز و مدارها به رنگ قرمز نمایش داده شده‌اند. ردپاها هم‌پوشانی دارند تا کل زمین را پوشش دهند.

نیم دور حلقه‌ی ارتباطی دوطرفه‌ای بین یک ایستگاه زمینی و یک ماهواره است.

ارتباطات به سمت پایین

بازفرستنده درون ماهواره جاسازی شده است.

برای اتصال به بالا و اتصال به پایین از فرکانس‌های متفاوت استفاده می‌شود.

ماهواره‌های ایریدیوم علائمی را میان خود ردوبدل می‌کنند. این کار به آن‌ها، در حکم سامانه‌ی ارتباطات سیار، انعطاف‌پذیری بسیاری می‌دهد.



تلفن همراه

ارتباطات به سمت بالا

تمام دور، حلقه‌ی ارتباطی دوطرفه‌ای بین ماهواره و دو ایستگاه زمینی است.

فرکانس

امواج رادیویی بخشی از طیف الکترومغناطیس‌اند. ماهواره‌های مخابراتی امواج رادیویی را در فرکانس یا بسامدهایی ارسال می‌کنند که از میان جوّ بگذرند و بخار آب آن‌ها را جذب نکند.

کانال ارتباط یک طرفه‌ای بین ماهواره و یک ایستگاه یا گیرنده‌ی زمینی است.

ارتباطات به سمت بالا

کشتی‌ها با استفاده از ماهواره‌ها، به‌طور دائم با خشکی ارتباط دارند.

بیش‌تر بدانیم

تابش‌هایی از فضا ۲۶

اختر‌شناسی رادیویی ۳۰

ماهواره‌های ناوبری

برای این‌که وسیله‌ای مسیر دقیقی را میان دو مکان طی کند، ابتدا باید موقعیت دقیق و درست خود را بداند. هزاران سال دریانوردان موقعیت خود را به کمک ماه، ستاره‌ها و خورشید محاسبه می‌کردند. البته وقتی آسمان از ابر پوشیده می‌شد، گم کردن راه هم کار ساده‌ای بود! اما در روزگار ما، سامانه‌ی جهت‌یابی ماهواره‌ای این مشکل را حل کرده است. ماهواره‌ها امواج رادیویی‌ای به زمین ارسال می‌کنند که حتی در هنگام ابری بودن هوا نیز روی زمین آشکار می‌شوند. در نتیجه، امروزه جهت‌یابی در هر آب و هوایی امکان‌پذیر است. در اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰، سامانه‌ی جهانی موقعیت‌سنجی (GPS)، که در ایالات متحده شکل گرفته بود، دقیق‌ترین و اعتمادپذیرترین سامانه‌ی جهت‌یابی در دنیا شد. اکنون سامانه‌ی گلوناس روسیه نیز فعالیت می‌کند و در سال‌های آینده، سامانه‌ی گالیله متعلق به اتحادیه‌ی اروپا نیز به سامانه‌های موقعیت‌سنجی جهانی افزوده می‌شود.

GPS چگونه کار می‌کند؟

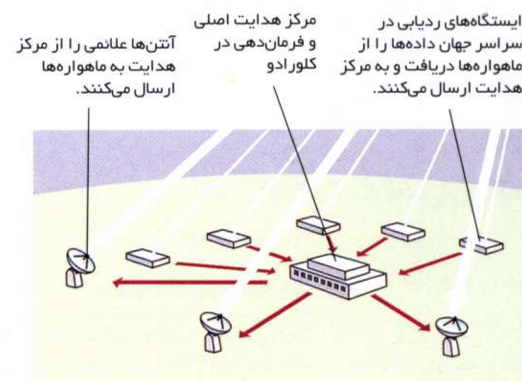
سامانه‌ی GPS شامل ۲۴ ماهواره و تجهیزاتی روی زمین است. ماهواره‌ها مدام موقعیت خود و زمان را مخابره می‌کنند. آن‌ها به‌گونه‌ای در مدار قرار گرفته‌اند که گیرنده‌ای در هر کجای زمین، در هر لحظه دست کم از چهار ماهواره‌ی این سامانه علائمی دریافت می‌کند. گیرنده‌ی GPS دقیقاً می‌داند علائم چه وقت ارسال و چه زمانی دریافت شده‌اند. در نتیجه، با توجه به سرعت مشخص نور، می‌تواند فاصله‌ی بین خود و هر یک از ماهواره‌ها را محاسبه کند. به این ترتیب، گیرنده با استفاده از این اطلاعات، موقعیت دقیق خود و از جمله ارتفاع محل از سطح دریا را مشخص می‌کند.

طرحی هنری از مدارهای GPS

ماهواره‌ها به شش مدار دایره‌ای متفاوت پرتاب شدند تا پوشش جهانی درست کنند.

ماهواره‌های GPS

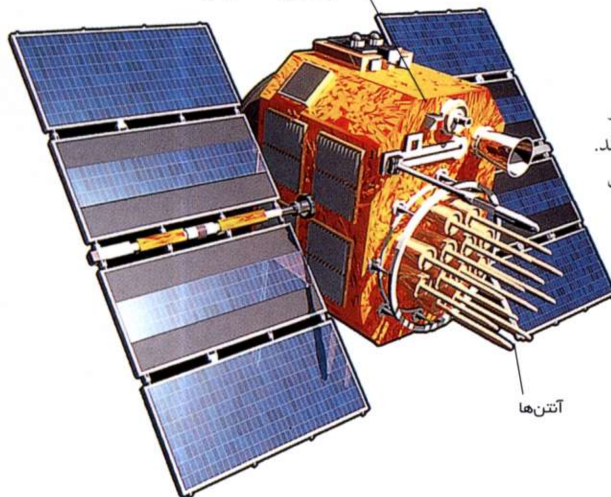
هر ماهواره‌ی GPS جرمی حدود ۸٤٤ کیلوگرم، معادل یک اتومبیل کوچک دارد. وقتی صفحه‌های خورشیدی کاملاً باز می‌شوند، پهنای ماهواره به ۵/۳ متر می‌رسد. هر ماهواره حامل ساعت‌های اتمی است که زمان را به دقت می‌سنجند. این ماهواره‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که ۷/۵ سال دوام می‌آورند و مدارشان در ارتفاع ۲۰۲۰۰ کیلومتری است.



هدایت‌گر زمینی GPS

نیروی هوایی ایالات متحده سرعت، موقعیت و ارتفاع ماهواره‌های GPS را زیر نظر دارد. ایستگاه‌های ردیابی، این اطلاعات را به مرکز هدایت اصلی می‌فرستند. این مرکز، با استفاده از این داده‌ها، موقعیت ماهواره را در مدار برای ۱۲ ساعت بعدی پیش‌بینی می‌کند. آنتن‌های زمینی این موقعیت‌ها را به ماهواره‌ها مخابره می‌کنند تا به زمین ارسال شوند. داده‌های ردیابی به مرکز هدایت امکان می‌دهد دائماً پیش‌بینی موقعیت‌های ماهواره را به‌روز کند.

ماهواره‌ی گلوناس



ممکن است گیرنده‌های GPS به کوچکی یک تلفن همراه باشند.



گلوناس و گالیله

سامانه‌ی مداری ماهواره‌ی جهت‌یابی جهانی (GLONASS) متعلق به روسیه است. کاربران گلوناس می‌توانند موقعیت خود را با دقت بین ۲۰ تا ۱۰۰ متر بسنجند. اگر لازم باشد، با استفاده از روش‌های خاصی می‌توان به دقت‌های بیش‌تری رسید. ماهواره‌های گلوناس پوشش جهانی دارند. سازمان فضایی اروپا پوشش اروپا را با ساختن تجهیزاتی که برای دریافت علائم از گلوناس و GPS با هم طراحی شده‌اند، افزایش می‌دهد. اما هدف اصلی اروپاییان تکمیل طرح بزرگ سامانه‌ی موقعیت‌سنجی گالیله، شامل ۳۰ ماهواره در مدار ۲۳۲۲۲ کیلومتری است. هر یک از این ماهواره‌ها ۶۷۵ کیلوگرم وزن و ۱۲ سال طول عمر دارند. تکمیل این سامانه دست کم تا سال ۲۰۱۲ میلادی طول می‌کشد. دقت مکان‌سنجی این سامانه به کمتر از یک متر نیز می‌رسد.

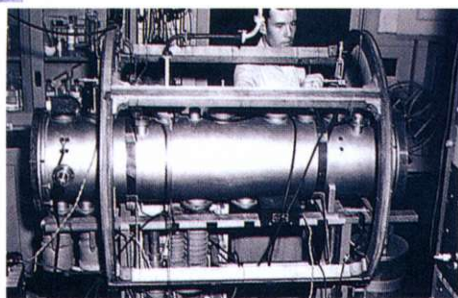
گیرنده‌های GPS

نخستین گیرنده‌ها موقعیت کاربر را به صورت عرض و طول جغرافیایی نمایش می‌دادند که باید روی نقشه پیاده می‌شد. اما مدل‌های جدید نقشه‌ای را نشان می‌دهند و موقعیت کاربر را با تفاوت چند متر، روی آن مشخص می‌کنند. این گیرنده‌ها، علاوه بر موقعیت، سرعت و جهت حرکت کاربر را (اگر متحرک باشد) محاسبه می‌کنند.

دادەهای سامانەی جهت‌یابی یا ناوبری		
	GPS	گلوناس
تعداد ماهواره	۲۴	۲۴
تعداد مدار	۶	۳
ارتفاع	۲۰۲۰۰ کیلومتر	۱۹۰۰۰ کیلومتر
زمان تکمیل سامانه	مارس ۱۹۹۴	ژانویه ۱۹۹۶

ساعت‌های اتمی

ساعت‌های اتمی حساب زمان را با دقت بسیار دارند: ساعت‌های سِزیُم در هر چند میلیون سال، فقط یک ثانیه خطا دارند. ساعت‌های اتمی کوچک‌تر سوار بر ماهواره‌های GPS و گلوناس، زمان را با خطای کم‌تر از یک ثانیه در هر ۳۰۰هزار سال می‌سنجند و علایم زمانی بسیار دقیقی به زمین ارسال می‌دارند.



ساعت اتمی سزیم

در هر مدار GPS چهار ماهواره وجود دارد.

سال‌شمار فنّ جهت‌یابی



موشک زیردریایی پولاریس

• نخستین سامانەی ناوبری یا جهت‌یابی ماهواره‌ای ترانزیت نام داشت. ایالات متحده در ژانویەی سال ۱۹۶۴ این ماهواره را پرتاب کرد تا موقعیت‌سنجی زیردریایی‌های اتمی پولاریس را بهبود ببخشد.

• در ژوییەی سال ۱۹۶۷، نیروی دریایی ایالات متحده استفاده از ماهوارەی ترانزیت را عمومی کرد.

• در اکتبر سال ۱۹۷۸، نیروی هوایی ایالات متحده نخستین ماهوارەی سامانەی GPS را به مدار فرستاد.

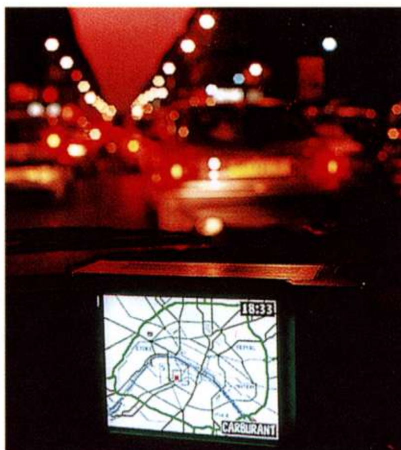
• در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، ماهواره‌های GPS و گلوناس بیش‌تری پرتاب شدند و به این ترتیب، تعداد مکان‌هایی که علائم در آن‌ها در هر دقیقه از روز دریافت می‌شوند، افزایش یافت.

• در اواخر دهەی ۱۹۹۰، سازمان فضایی اروپا تجهیزاتی را آزمایش کرد که علائم GPS و گلوناس را با هم دریافت می‌کرد.

بیش‌تر بدانیم

پرتابگرهای فضایی ۴۸
شمارش معکوس ۵۲
ماهواره‌ها و مدارها ۵۴
ماهواره‌های نظامی ۶۶
پس‌ماندهای فضایی ۶۸

نقشەی راهیابی داخل اتومبیل



جهت‌یابی در اتومبیل‌ها

سازندگان اتومبیل از فرانسه تا ژاپن، بر خودروهای خود گیرنده‌های GPS نصب می‌کنند تا به مسیریابی کمک کنند. تاکنون چند میلیون خودرو به این سامانه مجهز شده‌اند. برخی خودروهای امدادی نیز از علایم GPS برای مشخص کردن موقعیت خود استفاده می‌کنند. با اتصال گیرندەی GPS به یک رایانه، پیراپزشکان، پلیس‌ها و مأموران آتش‌نشانی می‌توانند به سرعت، سریع‌ترین راه را برای رسیدن به محل حادثه پیدا کنند.

هواپیمای بذرپاش



جهت‌یابی در هوا

تا اوایل دهەی ۱۹۹۰، خلبانان هواپیماهای سم‌پاش یا بذرپاش در صحرای آفریقا، برای هدایت هواپیما فقط یک نقشه و یک قطب‌نما در اختیار داشتند. اما از آن‌جا که صحرای آفریقا عوارض مشخص بسیار کمی دارد، جهت‌یابی مشکل بود. در سال ۱۹۹۱، گیرنده‌های کوچک GPS در دست‌رس قرار گرفت و خلبانان این هواپیماها توانستند موقعیت دقیق خود را با دقت ۳۰ متر مشخص کنند.

ماهواره‌های هواشناسی

ایجاد و حرکت سامانه‌های آب و هوا در سراسر کره‌ی زمین را می‌توان با ماهواره‌های هواشناسی زیر نظر گرفت. آن‌ها همان تصاویری را ضبط می‌کنند که در برنامه‌ی هواشناسی از تلویزیون پخش می‌شود و پوشش ابرها و رشد و حرکت توفان‌ها را در سرزمین ما، جهان و سراسر اقیانوس‌ها نمایش می‌دهند. ماهواره‌های هواشناسی ابزارهای داده‌خوانی را حمل می‌کنند که داده‌هایشان به اعداد نشان‌دهنده‌ی دما، فشار و رطوبت لازم برای پیش‌بینی‌های هواشناسی تبدیل می‌شوند. این داده‌ها، همراه با اطلاعاتی از منابعی مانند بویه‌های (سنجش‌گرهای شناور هواشناسی در دریاها و اقیانوس‌ها) هواشناسی، بالُن‌ها و کشتی‌ها به پیش‌بینی‌کنندگان کمک می‌کنند پیش‌بینی‌های خود را بهبود بخشند.



مرکز تندباد

طی فصل توفان‌های استوایی، بین اردیبهشت تا آبان، مرکز ملی تندبادشناسی ایالات متحده در میامی ۲۴ ساعته داده‌های همه‌ی ماهواره‌ها را زیر نظر دارد. با شکل‌گیری و رشد توفان‌ها، ماهواره‌ها مسیر آن‌ها را در سراسر اقیانوس دنبال می‌کنند. این مرکز هشدارهای مربوط به توفان‌ها و تندبادها را در سراسر سواحل ایالات متحده، دریای کارائیب و خلیج مکزیک ارسال می‌دارد.

پیش‌بینی تندبادها

پیش از ماهواره‌های هواشناسی، تندبادها، بدون این‌که دیده شوند، روی اقیانوس‌ها شکل می‌گرفتند و با هشدار اندکی، با خشکی برخورد و همه را غافل‌گیر می‌کردند. در سال ۱۹۰۶ میلادی، تندباد عظیمی ۶هزار نفر را در تگزاس کُشت. تندبادها توفان‌های استوایی بسیار شدیدی همراه بادهایی با سرعت بیش از ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت‌اند که به شکل مجموعه ابر عظیم گرداب‌مانندی، در جوّ شکل می‌گیرند. در توفان‌های استوایی، بادها به گِردِ بخش چشم‌مانند آرامی از هوای کم‌فشار می‌گردند. امروزه، ماهواره‌های هواشناسی، به‌طور دائم اقیانوس‌ها، جایی را که چنین توفان‌هایی قدرت می‌گیرند، زیر نظر دارند. به این دلیل، مردم نباید به سبب نبود هشدارهای کافی، جان خود را از دست بدهند. چنین تهدیدهای طبیعی در سواحل جنوب شرقی ایران نیز وجود دارد؛ جایی که تندبادهایی از سواحل هند به دریای عمان و سواحل ایران می‌رسند.



تندباد فران در سال ۱۹۹۶

کره‌ی زمین زیر نظر ماهواره‌ها

ماهواره‌های زمین‌ثابت هر ۳۰ دقیقه نواحی زیر پای خود را به دقت از نظر می‌گذرانند. اگر یک توفان استوایی شکل بگیرد، آن‌ها آن ناحیه را هر ۱۵ دقیقه با جزئیات بیش‌تری بررسی می‌کنند. این ماهواره‌ها دما را نیز اندازه می‌گیرند که به پیش‌بینی‌کننده‌ها در پیش‌بینی قدرت تندباد کمک می‌کند.

پرواز در دل تندباد

وقتی توفان استوایی به تندباد تبدیل و به خشکی نزدیک شود، نیروی هوایی ایالات متحده، اسکادران هواشناسی یا شکارچیان تندباد خود را به پرواز درمی‌آورد. آن‌ها به درون توفان هجوم می‌برند و اندازه‌گیری‌های خود را به داده‌های رادارهای ساحلی و ماهواره‌ها می‌افزایند.



تندباد اَلِن در سال ۱۹۸۰

چشم تندباد

تندباد فلورانس در سال ۱۹۹۴

ماهواره‌ها و رایانه‌ها

رایانه ابزار ضروری برای دانشمندان است تا به کمک آن، اندازه‌گیری‌های ماهواره را به دما، فشار، رطوبت و سرعت باد، که برای گزارش هواشناسی لازم است، تبدیل کنند. رایانه‌ها داده‌هایی از رادارها، کشتی‌ها، بویه‌های هواشناسی، هواپیماها و ماهواره‌ها را ترکیب می‌کنند تا پیش‌بینی‌های دقیق و به‌هنگامی ارائه دهند.

ماهواره‌ی مِتئوسَت

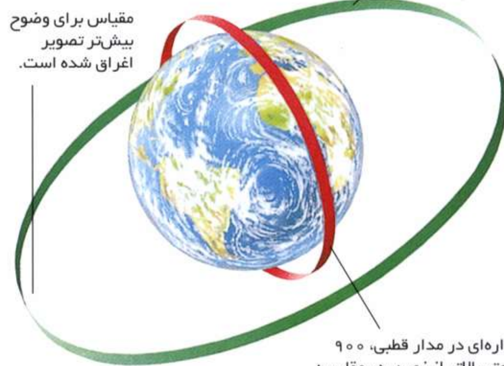


ماهواره GOES

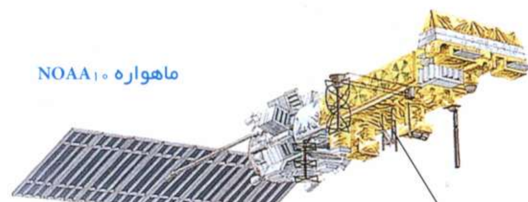


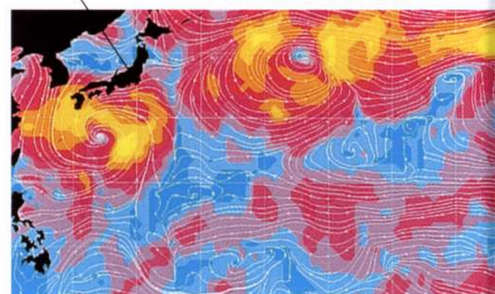
مدارهای هواشناسی

ماهواره‌های هواشناسی در مدارهای زمین‌ثابت و قطبی قرار دارند. ماهواره‌های زمین‌ثابت، مانند GEOها، بر فراز یک نقطه از استوا ثابت می‌مانند و به‌طور مرتب، تغییرات را ثبت می‌کنند. هر یک از آن‌ها یک‌سوم کره‌ی زمین را می‌بینند؛ اما دیدشان از نواحی شمالی محدود است. ماهواره‌های مدار قطبی، مانند NOAA ۱۰، در برابر زمین زیر پایشان متحرک‌اند و نمای ثابتی از یک ناحیه ندارند. اما از فراز قطب‌ها می‌گذرند و این مناطق را زیر نظر دارند. به‌علاوه؛ به سبب قرارگرفتن در مداری پایین‌تر، دیدشان در مقایسه با مدار زمین‌ثابت، جزئیات بیش‌تری دارد.



ماهواره NOAA ۱۰



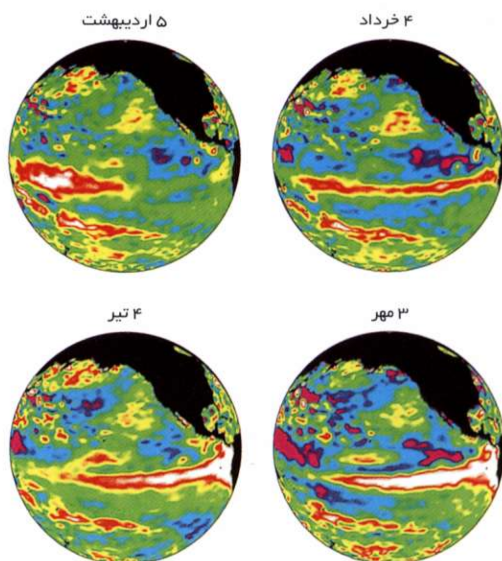


پیش‌بینی زمان و مکان ورود به خشکی

پیش‌بینی مسیر یک تندباد بسیار مشکل است؛ اما در طی ۲۰ سال گذشته، هر سال ماهواره‌ها بین ۰/۵ تا ۱درصد به دقت پیش‌بینی‌ها افزوده‌اند. امروزه می‌توانیم مکانی را که تندبادی به خشکی می‌رسد، با خطای کمتر از صد کیلومتر پیش‌بینی کنیم.

اِل‌نینو

در جریان پدیده‌ی اِل‌نینو، آب گرم با آب معمولاً سرد آب‌های آمریکای جنوبی، جابه‌جا می‌شود و به نوعی بر آب و هوا در سراسر دنیا تأثیر می‌گذارد. در این تصاویر ماهواره‌ای، جریان‌های گرم به شکل نواحی قرمز / سفید و در حال حرکت به سوی شرق در نزدیکی استوا نشان داده شده است. نواحی سیاه، خشکی هستند و دیگر رنگ‌ها نشان‌دهنده‌ی آب خنک‌ترند که جریان گرم را احاطه کرده است. دانشمندان امیدوارند که با تحلیل چنین تصاویری، به ارتباط میان پدیده‌ی اِل‌نینو و تغییرات آب و هوا در جهان پی ببرند.



اِل نینویی که در سال ۱۹۹۷ شکل گرفت.

سال‌شمار علم هواشناسی

- ماهواره‌ی آمریکایی، که در سال ۱۹۵۹ پرتاب شده بود، یک آزمایش هواشناسی در فضا انجام داد. این ماهواره به اندازه‌گیری تابش دریافتی زمین از خورشید و بازتابش آن به فضا پرداخت. تعادل تابشی زمین مهم است؛ زیرا بر آب و هوای جهان تاثیر می‌گذارد.
- ماهواره‌ی تیروس ایالات متحده، نخستین ماهواره‌ی هواشناسی دنیا، در سال ۱۹۶۰ پرتاب شد. این ماهواره ۲۳هزار تصویر از ابرها از مداری ۷۵۰ کیلومتری تهیه کرد که شامل نخستین تصاویر از حرکت ابرها نیز بود.
- اتحاد جماهیر شوروی سابق، ماهواره‌ی کاسموس ۱۲۲، نخستین ماهواره‌ی هواشناسی خود را در سال ۱۹۶۶ در مدار قرار داد.
- در آوریل ۱۹۷۰، ناسا ماهواره‌ی نیمبوس را پرتاب کرد که نخستین ابزارهای اندازه‌گیری دما در ارتفاعات گوناگون جوّ را حمل می‌کرد.
- ایالات متحده نخستین ماهواره‌ی هواشناسی زمین‌ثابت را در سال ۱۹۷۴ پرتاب کرد.
- نخستین ماهواره‌ی هواشناسی اروپا، مِتئوسَت، در سال ۱۹۷۷ به مدار زمین‌ثابت رفت. این ماهواره، به کمک همراهان ژاپنی و آمریکایی خود، نخستین نمای کلی آب و هوای زمین را از مدار زمین‌ثابت تهیه کرد.

بیش‌تر بدانیم

پرتاب‌گرهای فضایی ۴۸
شمارش معکوس ۵۲
ماهواره‌ها و مدارها ۵۴
ماهواره‌های منابع زمینی ۶۴
پس‌ماندهای فضایی ۶۸

ماهواره‌های منابع زمینی

ماهواره‌هایی را که به دانشمندان در بررسی سطح زمین کمک می‌کنند، ماهواره‌های منابع زمینی می‌نامند. این ماهواره‌های سنجش از دور، تغییرات زیست‌محیطی بزرگ، خراب شدن محصولات کشاورزی یا ذوب شدن کلاهک‌های یخی قطب را نشان می‌دهند. به‌علاوه، محل منابعی مانند فلزات و زغال‌سنگ را نیز مشخص می‌کنند. ابزارهای این ماهواره‌ها، نور یا دیگر تابش‌هایی را که از عوارض سطحی زمین بازتاب یا تابش می‌شوند، تحلیل می‌کنند. هر عارضه‌ی سطحی، مثلاً یک جنگل یا یک ساختمان، در بازتاب یا تابش امواج، مشخصه‌ی متفاوتی دارد. ماهواره‌ها به‌طور مرتب از فراز همه‌ی کره‌ی زمین می‌گذرند و نقشه‌هایی برای دانشمندان تهیه می‌کنند که می‌توان به کمک آن‌ها، ردپای تغییرات خاصی مانند نابودی جنگل‌ها، فعالیت‌های آتش‌فشانی و حتی تغییر پراکندگی مرجان‌های بستر دریا را در نواحی گوناگون در طول زمان دنبال کرد.

نظارت بر اقیانوس‌ها

اقیانوس‌ها بیش از دو سوم کره‌ی زمین را پوشانده‌اند. پس، برای درک زمین و آب و هوای آن، مهم است که بدانیم درون و بر سطح اقیانوس‌ها چه می‌گذرد؛ برای مثال، جریان‌ها کجا هستند و سطح دما و باد چه‌قدر است. هواپیماها و کشتی‌ها نمی‌توانند بر همه‌ی مناطق آبی زمین نظارت دائم داشته باشند؛ اما ماهواره‌ها می‌توانند این کار را انجام دهند. یکی از نخستین ماهواره‌هایی که برای نظارت بر اقیانوس‌ها طراحی شد ERS-۱ بود.

ماهواره‌ی ERS-۱ ابزارهایی برای اندازه‌گیری تابش فروسرخ و ریزموج حمل می‌کند. این طول موج‌ها باندهایی اند که بیش‌ترین اطلاعات را درباره‌ی وضعیت اقیانوس‌ها و جوّ به ما می‌دهند.

ERS-۱

ارتفاع‌سنج راداری سوار بر ERS-۱، ارتفاع امواج و شکل سطحی اقیانوس را ثبت می‌کند و به این ترتیب، سرعت بادها محاسبه می‌شود.

ابزار فروسرخ، که زیر ماهواره به سوی زمین نشانه رفته است، دمای سطح دریاها و ابرها را اندازه می‌گیرد.

نقشه‌بردار موضوعی

انواع تابش‌ها، طول موج‌های متفاوتی دارند: مثلاً طول موج نور آبی از نور قرمز کوتاه‌تر است. نقشه‌بردار موضوعی ابزاری سوار بر ماهواره‌ی لَندسَت است که شدت تابش را در هفت باند طول موج متفاوت، شامل ٤ باند در بخش فروسرخ طیف الکترومغناطیس، اندازه می‌گیرد. دانشمندان با نسبت دادن رنگ‌های متفاوت به هر باند، می‌توانند نقشه‌ای از یک ناحیه‌ی خاص بسازند.



نقشه‌بردار موضوعی

ماهواره‌ی لندست ۴

نقشه‌بردار چه چیزی را آشکار می‌کند؟

هر یک از باندهای طول موج نقشه‌بردار موضوعی، چیز متفاوتی را درباره‌ی زمین آشکار می‌کند. مثلاً باند ۵ در محدوده‌ی طول موج فروسرخ آشکارسازی می‌کند که نشان‌دهنده‌ی حضور رطوبت در گیاهان است. اگر شدت این باند کم باشد، احتمالاً گیاهان، حتی اگر همچنان سبزرنگ به‌نظر برسند، در خطر نابودی قرار دارند.

ماهواره‌ی تحقیقاتی اقیانوس‌نگاری تاپکس ـ پوسایدون

ماهواره‌ی تاپکس ـ پوسایدون به دانشمندان کمک کرد جزئیات چگونگی تغییرات جریان‌ها و جزرومد را بررسی کنند.

تحقیقات اقیانوس‌شناسی

یکی از اندازه‌گیری‌های پایه در تحقیقات اقیانوس‌شناسی و آب و هوا، ارتفاع سطح آب اقیانوس است که به دانشمندان اطلاعاتی درباره‌ی جریان‌ها و جزرومد می‌دهد. ماهواره‌ی تاپکس ـ پوسایدون، از مدار ۱۳۳۰ کیلومتری خود، اندازه‌گیری‌هایی با دقت ۴/۳ سانتی‌متر انجام داده است. این ماهواره در عرض یک ماه، بیش از همه‌ی کشتی‌های تحقیقاتی در صد سال گذشته، اطلاعات جمع‌آوری کرده است.

این رادار با دو نوع آنتن کار می‌کند که تصویری در محدوده‌ی ریزموج طیف از اقیانوس و نواحی ساحلی تهیه می‌کند و به این ترتیب، ناآرامی (و بادهای) اقیانوس را نشان می‌دهد.

آنتن‌ها ناآرامی اقیانوس را به تصویر می‌کشند.

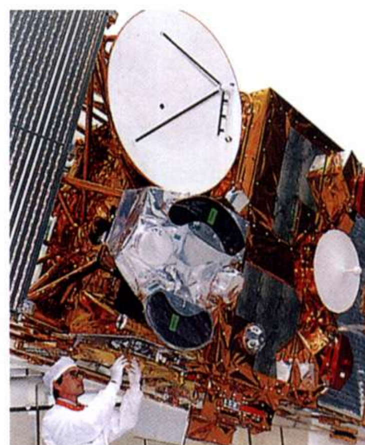
آنتن‌ها داده‌هایی برای تصویر ریز موج از اقیانوس و نواحی ساحلی جمع‌آوری می‌کنند.

داده‌های نقشه‌بردار موضوعی

باند	طول موج به نانومتر	کاربردها
۱	۴۵۰ - ۵۲۰ (آبی / سبز)	نقشه‌برداری از آب‌های ساحلی و تفکیک خاک از گیاهان
۲	۵۲۰ - ۶۰۰ (سبز / زرد)	نمایان ساختن گیاهان سالم
۳	۶۳۰ - ۶۹۰ (قرمز)	کمک به شناسایی گیاهان
۴	۷۶۰ - ۹۰۰ (فروسرخ)	نمایان کردن زه‌کشی و مرز آب‌ها
۵	۱۵۵۰ - ۱۷۵۰ (فروسرخ)	اندازه‌گیری رطوبت گیاهان
۶	۱۰۴۰۰ - ۱۲۵۰۰ (فروسرخ)	اندازه‌گیری تابش حرارتی گیاهان
۷	۲۰۸۰ - ۲۳۵۰ (فروسرخ)	نقشه‌برداری از منابع آب گرم

تفکیک طیفی

نقشه‌بردار طیفی چندمنظوره (MSS) سوار بر لَندسَت یک، نخستین ابزار ماهواره‌ای بود که شدت تابش یک منطقه را هم‌زمان در باندهای طول موج‌های متفاوت (قرمز، سبز و دو ناحیه‌ی فروسرخ) اندازه گرفت. این ابزار نیز، مانند نقشه‌بردار موضوعی، برای کسب اطلاعات درباره‌ی وجوه متفاوت سطح زمین، از گستره‌ای از طول موج‌ها بهره می‌برد.



نقشه‌بردار طیفی چند منظوره

تخریب جنگل

تصویری از ماهواره‌ی لَندسَت جنگل‌های ساحل عاج در آفریقا را نشان می‌دهد. رنگ‌ها نشان‌دهنده‌ی انواع متفاوت سطح‌ها هستند: قرمز جنگل، آبی روشن خاک و قهوه‌ای، محصولات کشاورزی است. در تصاویر بعدی، که طی ماه‌ها یا سال‌های بعد گرفته شدند، نواحی قرمز، به سبب قطع درختان، کاهش یافته بود.

تصویر ماهواره‌ای از ساحل عاج

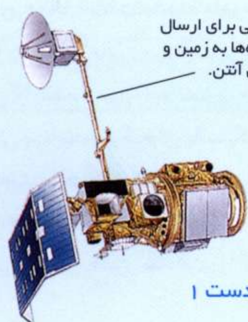
رسوب مواد معدنی در شیلی



رنگ‌های کاذب

انسان نمی‌تواند تابش فروسرخ را ببیند. در نتیجه، وقتی دانشمندان نقشه‌های فروسرخ تهیه می‌کنند، به هر باند طول موج فروسرخ، رنگی برای شناسایی نسبت می‌دهند. چنین نقشه‌هایی را تصاویر رنگ کاذب می‌نامند. در این تصویر، رنگ کاذب، خاک آتش‌فشانی، قهوه‌ای، گیاهان قرمز و آب آبی تیره نشان داده شده‌اند. رنگ سفید نیز نشان‌دهنده‌ی حضور رسوب مواد معدنی است.

سال‌شمار شناسایی منابع



لندست ۱

- در سال ۱۹۷۲، ایالات متحده ماهواره‌ی لَندسَت یک را پرتاب کرد. این ماهواره نخستین تصویر ترکیبی نور مرئی و فروسرخ را از سطح زمین گرفت.
- در سال ۱۹۷۸، ماهواره‌ی آمریکایی سی‌سَت نخستین اندازه‌گیری‌های ارزش‌مند را به کمک رادار از اقیانوس‌ها انجام داد.
- در سال ۱۹۸۶، فرانسه ماهواره‌ی SPOT–۱ را پرتاب کرد. این نخستین ماهواره‌ی منابع زمینی بود که در آن، برای آشکارسازی تابش‌ها، از تراشه‌ای کوچک سیلیکونی یا نوعی CCD استفاده شده بود.
- در سپتامبر سال ۱۹۹۲، ماهواره تاپکس ـ پوسایدون به جمع‌آوری داده‌هایی با جزئیات بی‌نظیر از اقیانوس‌ها پرداخت.
- اکنون ده‌ها ماهواره در حال برنامه‌ریزی شدن هستند. بسیاری از آن‌ها ابزارهایی حمل می‌کنند که ۳۲ تا ۲۵۶ باند طول موج متفاوت را شناسایی خواهند کرد.

بیش‌تر بدانیم

تابش‌هایی از فضا ۲۶
اخترشناسی فروسرخ ۲۸
ماهواره‌ها و مدارها ۵۴
زمین ۱۰۲
سطح زمین ۱۰۴

ماهواره‌های نظامی

بسیاری از نخستین ماهواره‌هایی که ایالات متحده و روسیه می‌ساختند، برای خدمات نظامی بود. ماهواره‌های نظامی امروزه نیز استفاده‌ی گسترده‌ای دارند. این ماهواره‌ها، از مدارهای امن، اطلاعاتی درباره‌ی میدان‌های جنگ به‌دست می‌دهند، تصاویری با جزئیات بسیار می‌گیرند که حتی مکان ایستادن یک فرد را هم نشان می‌دهد، سربازان گمشده را پیدا می‌کنند و ارتباطات مخفی را امکان‌پذیر می‌سازند. برخی ماهواره‌ها همه‌ی کره‌ی زمین را زیر نظر دارند و مترصد علائم پرتاب یک موشک هسته‌ای یا یک انفجار هسته‌ای هستند.

جهت‌یابی نظامی

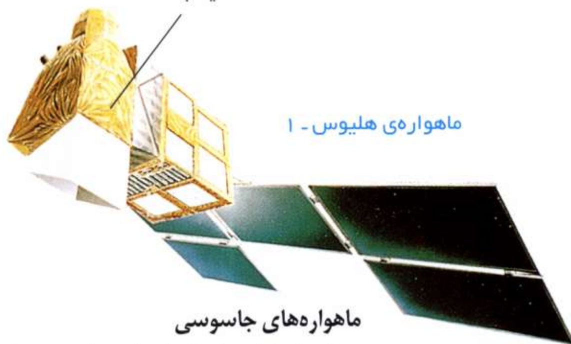
سامانه‌ی موقعیت‌یابی جهانی (GPS)، که امروزه در سراسر جهان کاربران عمومی بسیاری دارد، در اصل برای ارتش ایالات متحده ساخته شده بود. افراد می‌توانند با استفاده از وسیله‌ای دستی، که علائمی از چهار ماهواره‌ی GPS دریافت می‌کند، موقعیت خود، ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی را با دقت چند متر بسنجند. در جنگ خلیج فارس در سال ۱۹۹۱، سامانه‌ی GPS به نیروهای متفق کمک کرد راهشان را در وسعت بی‌کران و خالی صحرای عربستان بیابند.



ماهواره GPS

صفحه‌های خورشیدی نیروی لازم را برای ارسال علائم جهت‌یابی تأمین می‌کنند.

از آنتن‌ها و حس‌گرها، برای اهداف خاص نظامی، مانند شناسایی انفجارهای هسته‌ای، استفاده می‌شود.



ماهواره‌ی هلیوس - ۱

تلسکوپ با تفکیک بالا

ماهواره‌ها و دفاع

از دهه‌ی ۱۹۷۰، ایالات متحده ماهواره‌های برنامه‌ی پشتیبانی دفاعی (DSP) را به مدارهای زمین‌ثابت فرستاد. هر ماهواره بخش‌های وسیعی از سطح زمین را به تصویر می‌کشد. آن‌ها حامل حس‌گرهای شناسایی پرتاب موشک‌های بالستیک هستند و در نخستین ثانیه‌های روشن شدن یک موشک، هشداری به زمین ارسال می‌دارند. این ماهواره‌ها و ماهواره‌های مشابهی که روسیه پرتاب می‌کند، امتیاز حمله‌ی ناگهانی کشور متخاصم را کاهش داده است.

ماهواره‌های جاسوسی

بسیاری از کشورها، ماهواره‌های جاسوسی پیش‌رفته‌ای دارند که ماهواره‌ی فرانسوی هلیوس، نمونه‌ای بارز است: این ماهواره از مداری نزدیک زمین، جسمی به کوچکی یک دوچرخه را تشخیص می‌دهد. برخی تلسکوپ‌ها و آشکارسازهای ماهواره‌ای جاسوسی، توان تفکیک اندازه‌های سانتی‌متری را نیز در وضعیت نوری و زاویه‌ی مناسب دارند. درباره‌ی ماهواره‌هایی که حامل ابزارهای جاسوسی‌اند، مطالب زیادی نمی‌دانیم؛ زیرا بیش‌تر اطلاعات درباره‌ی آن‌ها کاملاً محرمانه است و تعجبی هم ندارد!



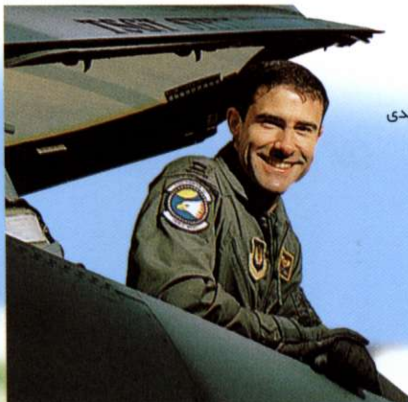
ماهواره DSP

ارتباطات بین ماهواره‌های تک در ناوگان DSP به کمک لیزر انجام می‌شود.

حس‌گرهای فروسرخ، حرارت اگزوز موشکی را که پرتاب می‌شود، آشکار می‌کنند.

جست‌وجو و نجات

در ژوئن سال ۱۹۹۵، نیروهای صِرب، هواپیمای اسکات اُگریدی، کاپیتان نیروی هوایی ایالات متحده را بر فراز بوسنی سرنگون کردند. اُگریدی، با استفاده از گیرنده‌ی GPS خود، موقعیتش را روی زمین تشخیص داد و مختصات را به هواپیماهای F16 بالای سرش مخابره کرد. تکاوران نیروی دریایی هم او را نجات دادند.



کاپیتان اُگریدی



موشک بین قاره‌ای بالستیک

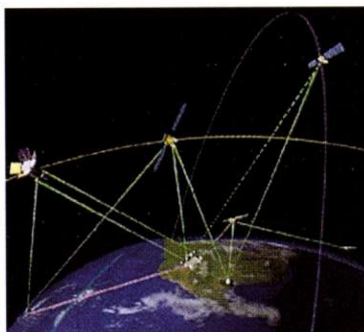
ماهواره‌های DSP، با شناسایی سریع پرتاب موشک‌های بالستیک، زمان کافی برای حملات تلافی‌جویانه در جریان یک نبرد را در اختیار قرار می‌دهند.

ماهواره‌های نظامی

کاربرد	محموله
جهت‌یابی	دستگاه هدایت و جهت‌یابی، علائم زمان‌سنجی، حس‌گر انفجار هسته‌ای
هشدار اولیه	حس‌گرهای شناسایی موشک‌های بالستیک و تابش‌های حاصل از انفجار هسته‌ای
شناسایی	دوربین، تلسکوپ و حس‌گر
مخابرات	تجهیزات و آنتن‌هایی که قادرند علائم را به رمز درآورند یا در آن‌ها پارازیت بیندازند.

ماهواره‌های SBIRS

اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰، دولت ایالات متحده برنامه‌ی ۱۰ ساله‌ای را برای جای‌گزینی ماهواره‌های DSP با ناوگانی از ماهواره‌ها به نام سامانه‌ی فروسرخ فضایی (SBIRS) آغاز کرد. ماهواره‌های SBIRS نیز، مانند ماهواره‌های DSP، آشکارسازهایی برای شناسایی پرتاب موشک‌ها حمل می‌کنند. این سری ماهواره‌ها، پس از تکمیل، کار شناسایی را هم انجام می‌دهند. پرتاب ماهواره‌های این سامانه به مدار زمین آغاز و از سال ۲۰۰۷ مرحله‌ی اول آن فعال شده است. احتمال می‌رود از سال ۲۰۱۲ نیز همه‌ی آن فعال شود.



طرح هنری از آرایش ماهواره‌های SBIRS، آن طور که در سه مدار متفاوت کار می‌کنند.

پرونده‌ی SBIRS

- ماهواره‌های SBIRS موشک‌ها را شناسایی و ردیابی می‌کنند. به‌علاوه، موشک‌های دفاعی را، که باید هدف حمله‌کننده را نابود کنند، به راه می‌اندازند.
- وزارت دفاع ایالات متحده نخستین ماهواره‌های SBIRS را به مدار زمین‌ثابت و مدار بسیار بیضوی فرستاد. این مدارها با هم تمام کره‌ی زمین را پوشش می‌دهند.
- ماهواره‌های SBIRS در مدارهای نزدیک زمین با ماهواره‌هایی در مدارهای بالاتر کار می‌کنند تا کار هشدار موشک‌ها را بهتر انجام دهند و بر میدان‌های جنگ نظارت دقیق‌تری داشته باشند.
- حس‌گرهایی که قادرند سه باند فرکانسی داخل تابش‌های فروسرخ و مرئی را شناسایی کنند، موشکی را در تمام مراحل پرواز ردیابی می‌کنند.

نسل دوم ماهواره‌های GPS، مانند ماهواره‌های DSP، بخشی از سامانه‌ی شناسایی انفجار هسته‌ای به‌شمار می‌روند.

آنتن‌های دو سوی ماهواره، علائم جهت‌یابی را مخابره می‌کنند که در موارد نظامی و غیرنظامی از آن‌ها استفاده می‌شود.

ماهواره‌های ارتباطات نظامی، مانند ماهواره‌ی اسکای‌نت ـ ۴ متعلق به انگلستان، سامانه‌ی ارتباطی ایمنی برای نیروهای ارتش مهیا می‌کنند.

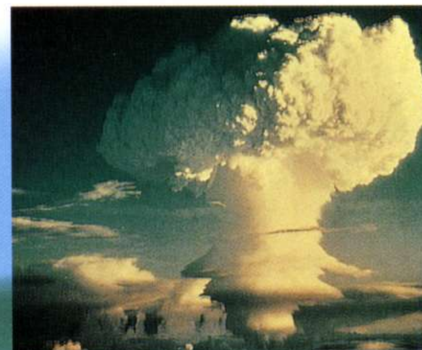
اسکای نت ۴

صفحه‌های خورشیدی ۱۲۰۰ وات نیروی الکتریکی تولید می‌کنند که کمتر از توان بسیاری از موخشک‌کن‌های برقی خانگی است.

آنتن برای مخابره‌ی امواج در فرکانس‌های نظامی طراحی شده است. فرکانس‌ها و آنتن‌های نظامی، با آن‌هایی که در ماهواره‌های ارتباطی غیرنظامی مورد استفاده قرار می‌گیرند، تفاوت دارند.

انفجارهای هسته‌ای

بسیاری از کشورها با امضای معاهده‌های بین‌المللی، مانند پیمان منع گسترش سلاح‌های هسته‌ای، موافقت خود را با محدودیت گسترش و آزمایش سلاح‌های هسته‌ای اعلام کرده‌اند. حس‌گرهایی سوار بر انواع ماهواره به کنترل این موضوع که آیا هیچ‌یک از اعضای معاهده تخلفی انجام می‌دهند، کمک می‌کنند. مثلاً ماهواره‌های GPS و DSP حس‌گرهایی دارند که نور مرئی، پرتو ایکس و علائم الکترومغناطیس دیگر را، که از انفجار هسته‌ای گسیل می‌شود، آشکار می‌کنند.



ارتباطات ایمن

نیروهای ارتش نیازمند حلقه‌ی ارتباطی قابل اعتمادی میان کشتی‌ها، هواپیماها و گیرنده‌های کوچک تلفن همراه روی خشکی هستند. این حلقه‌ها در جریان جنگ‌ها یا مانورهای نظامی با ترافیک ارتباطی بسیار مشغول‌اند؛ اما در دیگر زمان‌ها کمتر مشغول‌اند. ماهواره‌های مخابراتی عادی، برخلاف ماهواره‌های ارتباطی نظامی، در همه‌ی زمان‌ها حجم عظیمی از ترافیک ارتباطی دارند. ارتباطات نظامی به‌روز درمی‌آیند تا از شنود آن‌ها جلوگیری شود.



سربازان در حال نصب سامانه‌ی تلفن همراه

بیش‌تر بدانیم

ماهواره‌ها و مدارها ۵۴
ماهواره‌های مخابراتی ۵۸
ماهواره‌های هواشناسی ۶۲

پسْ‌ماندهای فضایی

هر چیزی در فضا که استفاده‌ای ندارد، زباله یا پسْ‌ماند فضایی است. مانند موشک‌های از دور خارج شده و ماهواره‌های از رده خارج شده، که ممکن است میلیون‌ها سال در مدار باقی بمانند یا قطعاتی از ماهواره‌هایی که منفجر یا نابود شده‌اند. نیم قرن پس از پرتاب نخستین ماهواره، بیش از ۹۰درصد از اجسامی که دور زمین می‌گردند، زباله‌ی فضایی هستند. هر نابودی و انهدامی به افزایش پَسْ‌ماندها و افزایش خطر برخورد یکی از آن‌ها با فضاپیماها منجر می‌شود. حتی برخورد با تکه‌ای از رنگ بدنه‌ی ماهواره یا فضاپیمای نابود شده، ممکن است فضاپیمایی را از کار بیندازد. کشورهای عضو باشگاه فضایی در این اندیشه‌اند که چگونه تعداد پَسْ‌ماندهای فضایی را کاهش دهند.

طرحی هنری از پس‌ماندهای فضایی در مداری به دور زمین.

هر نقطه‌ی زردرنگ تکه‌ای پس‌ماند فضایی است که به دور زمین می‌گردد.

پس‌ماندها در مدار زمین‌ثابت، مانند حلقه‌ای به گرد زمین مشخص شده‌اند.

بیشتر پس‌ماندهای فضایی در مدارهای نزدیک زمین قرار دارند.

خطر در فضا

به طور تخمینی، حدود ۲۰هزار قطعه پَسْ‌ماند فضایی بزرگ‌تر از ۱۰ سانتی‌متر (و در مجموع صدها هزار قطعه‌ی بزرگ‌تر از یک سانتی‌متر) در مدارهایی به دور زمین می‌گردند. امکان دارد این پَسْ‌ماندها در بسیاری از مراحل یک مأموریت فضایی تولید شوند؛ مثلاً در زمان جدا شدن، یعنی وقتی ماهواره در مدار جای گرفت و مخروط سر موشک بالابَرَنده از آن رها شد، ماهواره‌های از کار افتاده که هنوز در جوّ نسوخته‌اند، به پسْ‌ماند تبدیل می‌شوند. پسْ‌ماندهای فضایی در مدارهایی که بیش‌تر استفاده می‌شوند، سریع‌تر انباشته می‌شوند. ممکن است ماهواره‌ها و پسْ‌ماندها با سرعت ۴۰هزار کیلومتر بر ساعت با یک‌دیگر برخورد و آسیب‌های جدی ایجاد کنند. زباله‌سازترین فعالیت فضایی که تاکنون انجام شده، پرتاب آزمایشی موشک ضدماهواره‌ی چین در یازدهم ژانویه‌ی سال ۲۰۰۷ بوده است. انفجار این ماهواره‌ی چینی ۱۹۰۰ پس‌ماند قابل ردیابی تولید کرد و تخمین زده می‌شود که سبب تولید ۳۵۰۰۰ جرم بزرگ‌تر از یک سانتی‌متر شده است. به علت نوع مدار این پسْ‌ماندهای چینی، بیش از ۳۵ سال طول می‌کشد تا در جوّ بسوزند.

کوچک‌تر از آن‌که ردیابی شود



دستکش فضانورد

کوچک‌ترین قطعاتی که معمولاً مرکز نوراد (مرکز فرمان‌دهی دفاعی هوافضای آمریکای شمالی) NORAD ردیابی می‌کند، اندازه‌ی انگشت یک دستکش فضانورد است. اغلب پسْ‌ماندهایی کوچک‌تر از آن، مثلاً به اندازه‌ی هسته‌ی گیلاس، هنوز شناسایی نشده‌اند. هر یک از این خرده‌پسْ‌ماندها وقتی با سرعت ۳۰ تا ۴۰هزار کیلومتر بر ساعت با فضاپیمایی برخورد کنند، نیرویی به اندازه‌ی یک نارنجک دستی تولید می‌کنند.



صفحه‌های نمایش در مرکز اصلی نوراد، اطلاعاتی درباره‌ی موقعیت پس‌ماندهای فضایی به‌دست می‌دهند.

ردیابی زباله‌ها

شبکه‌ی راداری جهانی به مرکز فرمان‌دهی نوراد اجسام را در مدار زیر نظر دارد. تکه‌هایی به کوچکی یک توپ تنیس، معمولاً در مدار نزدیک زمین و تکه‌هایی دست‌کم به پهنای یک متر در مدار زمین‌ثابت شکار می‌شوند. رایانه‌ها از این اطلاعات برای پیش‌بینی احتمال وقوع برخورد با یک فضاپیما استفاده می‌کنند.

تمیز کردن فضا

جوّ محسوس زمین تا ارتفاع حدود ۱۰۰ کیلومتری، گسترده شده است؛ اما تا صدها کیلومتر بالاتر نیز گازها به صورت بسیار رقیق و نامحسوس وجود دارند. برخلاف برخی ماهواره‌ها، که تصحیح مداری می‌شوند، اصطکاک حاصل از لایه‌های بسیار رقیق جوّ پسْ‌ماندها را به مرور به مدارهای پایین‌تر می‌کشاند تا در نهایت، در جوّ بسوزند. اما ممکن است این روند سال‌ها یا قرن‌ها طول بکشد. به این سبب، دانشمندان فکرهای بکری برای تمیز کردن فضا از پسْ‌ماندها دارند. یک پیشنهاد این است که روبوتی در مدار پرسه بزند و هر فضاپیمایی را که از مدار خارج شد، به دام بیندازد. سپس لیزری، که قدرتش را از نور خورشید کسب می‌کند، ماهواره را به قطعات کوچک‌تر تقسیم کند و آن‌ها را برای بازیافت به ایستگاه فضایی بین‌المللی ببرند.

پس‌ماندهایی در مدار زمین			
اندازه‌ی جسم	تعداد	درصد از کل	درصد از جرم
بزرگ‌تر از ۱۰ سانتی‌متر	۲۰۰۰۰	۰/۰۲	۹۹/۹۳
۱ تا ۱۰ سانتی‌متر	۲۰۰۰۰۰	۰/۳۱	۰/۰۳۵
۰/۱ تا ۱ سانتی‌متر	۶۰ میلیون	۹۹/۶۷	۰/۰۳۵

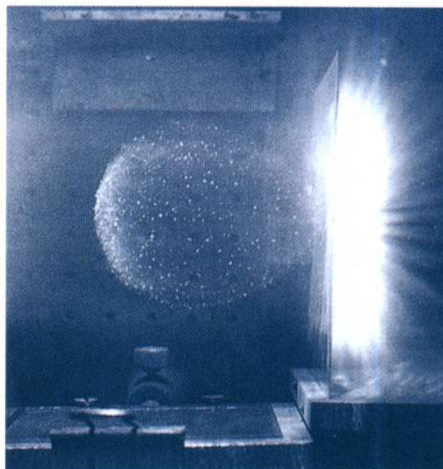
از میان حدود ۲۰هزار جسم فضایی قابل رصد بزرگ‌تر از ۱۰ سانتی‌متر، فقط حدود ۹۰۰ جرم، ماهواره‌های در حال کارند. ر

مرکز نوراد پس‌ماندهای ۱۰ سانتی‌متری یا کوچک‌تر را با اطمینان شناسایی نمی‌کند.

برخورد با زباله‌ها

ممکن است پس‌ماندها با سرعت‌های بسیار زیاد، که به فراسرعت مشهورند، با فضاپیما برخورد کنند. نیروی برخورد به این بستگی دارد که برخورد از روبه‌رو، کناره‌ها یا پشت سر اتفاق بیفتد. سازمان‌های فضایی از اتاقک‌های آزمایش خاصی استفاده می‌کنند تا تأثیر برخوردهای فراسرعت با مواد گوناگون را بسنجند. زمانی که تفنگ‌های مخصوص، گلوله‌ها را با سرعت ۲۵هزار کیلومتر بر ساعت شلیک می‌کنند، دوربین‌های فوق سریع، آسیب را ثبت می‌کنند. امکان دارد در فضا، اجسام حتی از این هم سریع‌تر با هم برخورد کنند.

اتاقک آزمایش برخورد فراسرعتی



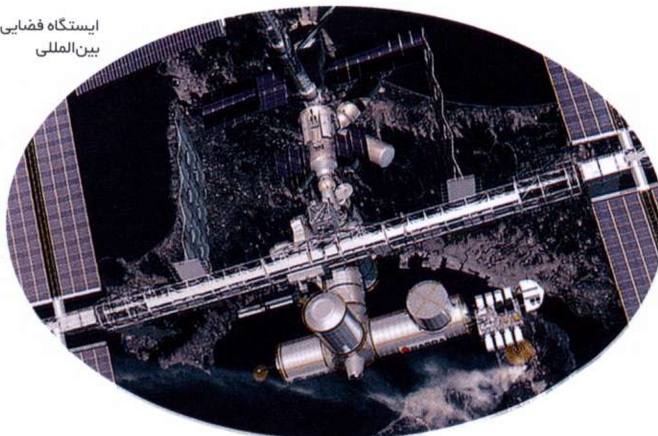
اثر برخورد توپی فولادی به اندازه‌ی یک نخود سبز با سرعت ۱۵ هزار کیلومتر بر ساعت با صفحه‌ای فولادی.

مهار آسیب

بهترین شکل مهار آسیب‌ها این است که در وهله‌ی نخست، برخوردی صورت نگیرد. به این سبب، ایستگاه فضایی بین‌المللی (ISS) به‌گونه‌ای طراحی شده است که خارج از مسیر تکه‌های بزرگ پسْ‌ماند حرکت کند. این ایستگاه به مقدار جزئی تغییر مدار می‌دهد. در گذشته، آزمایش‌هایی مانند سنجش‌گر آثار محیطی مسیر (MEEP)، داده‌هایی درباره‌ی خطرهایی که ISS با آن‌ها مواجه است، به دست داد. هدف این است که ایستگاه فضایی بین‌المللی بیش از شش بار در سال در مدار جابه‌جا نشود.

مدول میپ در ایستگاه فضایی میر

ایستگاه فضایی بین‌المللی



محافظت

یکی از راه‌های محافظت از بخش‌های حساس بدنه‌ی فضاپیما، پیچیدن آن در لایه‌هایی از الیاف سرامیک سبک است. هر لایه، انرژی یک ذره را، که پیش از برخورد با دیواره‌ی فضاپیما از هم می‌پاشد، پخش می‌کند. این ضربه‌گیرهای سرامیک در ایستگاه فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند تا ایستگاه از وقوع انواع آسیب‌ها، که در اتاقک‌های آزمایش فراسرعت ثبت شده‌اند، در امان باشد.

بازگشت به جوّ زمین

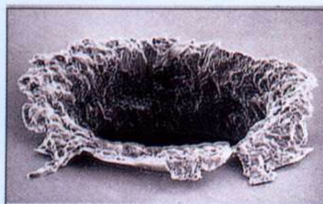
بر اثر اصطکاک با لایه‌های رقیق جوّ در فضای اطراف زمین، ماهواره‌ها، به‌جز آن‌هایی که مدارشان تصحیح می‌شود، به آرامی به زمین باز می‌گردند. وقتی ماهواره‌ها وارد جوّ زمین می‌شوند، اصطکاک با هوا آن‌ها را گرم می‌کند. برخی تکه‌تکه و کاملاً نابود می‌شوند و برخی هم کاملاً نمی‌سوزند و با زمین یا دریا برخورد می‌کنند. در آینده، شاید صاحبان ماهواره‌ها مجبور باشند بخش پایانی عمر ماهواره خود را بیش‌تر زیر نظر داشته باشند و آن‌ها را به طریقی از مدار خارج کنند که به صورت پسْ‌ماند فضایی باقی نمانند.

آپولو ۱۲ پس از سقوط از مدار به آب‌ها



آسیب‌های حاصل از پس‌ماند

- حتی برخورد با ذرات طبیعی نیز ممکن است آسیب برساند. در سال ۱۹۸۲، یک ذره‌ی غبار، سوراخ نسبتاً بزرگی روی بدنه‌ی ایستگاه فضایی سالیوت ایجاد کرد.
- کوچک‌ترین تقسیم‌بندی روی خطکش، یک میلی‌متر است. در سال ۱۹۸۳، تکه‌ای رنگ به اندازه‌ی یک‌پنجم یک میلی‌متر، سوراخی ۴ میلی‌متری روی پنجره‌ی شاتل فضایی ایجاد کرد.
- در ژوئن سال ۱۹۹۶، مرحله‌ی بالایی یک موشک پگاسوس شکست. از این حادثه ۷۰۰ جسم بزرگ‌تر از ۱۰ سانتی‌متر و ۳۰۰هزار جسم ۴ میلی‌متری تا ۱۰ سانتی‌متری، بر جای ماند.



سوراخ حاصل از برخورد تکه رنگ با بدنه شاتل فضایی

بیش‌تر بدانیم

ماهواره‌ها و مدارها ۵۴
پرواز به فضا ۷۰
شاتل فضایی ۷۴
ایستگاه فضایی بین‌المللی ۸۲
شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸

پرواز به فضا

اکنون در دوره‌ای زندگی می‌کنیم که حتی تصور زمانی بدون پروازهای فضایی مشکل است. اما فقط نیم قرن پیش، بیش‌تر مردم ماهواره‌ها و پروازهای فضایی را موضوعاتی علمی ـ تخیلی و رؤیایی دست نیافتنی می‌دانستند. در آن زمان، عده‌ی کمی از دانشمندان و مهندسان در سراسر دنیا بر این باور بودند که فن‌آوری به‌زودی به جایی می‌رسد که ماهواره‌ها و انسان‌ها را به فضا ببرد. مسئولان نظامی در ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی سابق، به پیشرفت فضاپیماها علاقه‌ی زیادی داشتند؛ زیرا می‌توانستند موشک‌ها و ماهواره‌ها را پرتاب کنند. در پاییز سال ۱۹۵۷، باور کسانی که به کاوش‌های فضایی عقیده داشتند، به حقیقت پیوست.

سرآغاز عصر فضا

زمانی که مردم دریافتند اتحاد جماهیر شوروی نخستین ماهواره‌ی ساخت انسان به نام اسپوتنیک را به فضا فرستاده است، شگفت‌زده و هیجان‌زده شدند و ترسیدند. ماهواره‌ی اسپوتنیک ابتکار سِرگئی کرولِف، معمار برنامه‌های فضایی شوروی سابق، بود. این ماهواره ۲۱ روز تمام علائمی به زمین ارسال کرد.


۴ اکتبر ۱۹۵۷


۲۰ اوت ۱۹۶۰

بازیابی

دو سگ به نام‌های بِلکا و استرِلکا، با فضاپیمای اسپوتنیک ۵ به فضا رفتند. هدایت‌کنندگان زمینی، ماهواره را پس از یک روز گردش در مدار، به زمین بازگرداندند. این سگ‌ها نخستین موجودات زنده‌ای بودند که از بی‌وزنی در فضا و فشارهای بازگشت به جوّ زمین جان سالم به‌در بردند.

برنامه‌ی فضایی سرنشین‌دار

برنامه‌ی فضایی سرنشین‌دار ایالات متحده کمتر از یک ماه پس از پرواز تاریخی گاگارین، با پرواز آلِن شِپارد به ارتفاع ۱۸۰ کیلومتری و بازگشت به زمین، آغاز شد. پرواز زیرمداری او بخشی از برنامه‌ی فضایی مِرکوری (۱۹۶۳ ـ ۱۹۵۸) بود. هدف برنامه‌ی مرکوری فرستادن فضانوردی به فضا، بررسی واکنش‌های او و بازگرداندن او به سلامت به زمین بود.


۵ مه ۱۹۶۱

۱۲ آوریل ۱۹۶۱



نخستین انسان در فضا

یوری گاگارین نخستین انسان مسافر فضا بود. در دوازدهم آوریل سال ۱۹۶۱، او سوار بر فضاپیمای کُروی وُستوک، در حالی به فضا رفت که روی یک صندلی پرتاب با چتر نجات نشسته بود. پس از پرواز موفقیت‌آمیز گاگارین، دو فاجعه در برنامه‌های فضایی شوروی رخ داد. یکی از این حوادث، که افراد بسیاری در آن کشته شدند، اهمیت قرارگیری مراکز پرتاب در مکان‌های دور و کم‌جمعیت را نشان داد.

۲۵ مه ۱۹۶۱



مسابقه برای فتح ماه

جان اِف. کِندی، رئیس جمهوری آمریکا، با برپا کردن برنامه‌ی آپولو برای کاوش ماه، جاه‌طلبی آمریکایی‌ها را در فضا تقویت کرد. آمریکایی‌ها در تلاش برای پیش افتادن از روس‌ها در مسابقه‌ی فضایی بودند. اواخر همان سال، کِندی در میان جمعی از دانشجویان گفت: «ما رفتن به ماه در این دهه را انتخاب کرده‌ایم؛ نه به این سبب که آسان است، بلکه به این سبب که سخت است!» برنامه‌ی آپولو از نظر فنی یکی از پیچیده‌ترین برنامه‌های قرن بیستم بود.


۳ نوامبر ۱۹۵۷

نخستین حیوان در فضا

وقتی اسپوتنیک ۲ پرتاب شد، توجه جهان به لایکا، سگ مسافر فضا، معطوف بود. این سگ ماده، نخستین موجود زنده‌ای بود که به فضا پرواز کرد. لایکا هنگام پرتاب هیچ مشکلی نداشت؛ اما زمانی که اکسیژن در مدار به پایان رسید، مُرد.

راه‌پیمایی فضایی

فضانورد شوروی، آلکسی لِئونوف، نخستین راه‌پیمایی فضایی را از فضاپیمای وسخود ۲ انجام داد. لباس لِئونوف در راه‌پیمایی فضایی منبسط شد. به‌علاوه، وقتی سعی کرد از راه دریچه‌ی فضاپیما به داخل بازگردد، مجبور شد برای بستن دریچه‌ی بیرونی، کوشش بسیاری بکند. اما سرانجام وقتی به داخل وسخود ۲ بازگشت، ۲۰ دقیقه در فضا راه‌پیمایی کرده بود.

۱۸ مارس ۱۹۶۵



فضاپیمای سایوز

فضانورد شوروی، ولادیمیر کوموروف، نخستین انسانی بود که در فضا و داخل فضاپیمایش، سایوز ۱، کشته شد. چهار ماه پیش از آن نیز سه فضانورد آمریکایی روی سکوی پرتاب، هنگام آزمایش آپولو ۱، در آتش سوختند. همه‌ی این چهار نفر قربانیان مسابقه‌ی فتح ماه بودند.

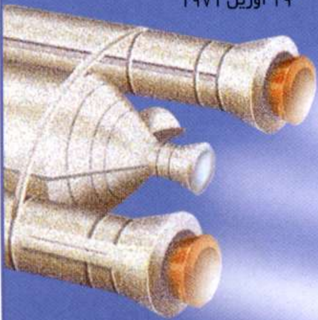


۲۴ آوریل ۱۹۶۷

ایستگاه‌های فضایی

اتحاد جماهیر شوروی ایستگاه‌های فضایی را برپا کرد تا آزمایشگاهی مداری برای انجام‌دادن آزمایش‌هایی در فضا داشته باشد. نخستینِ آن‌ها، سالیوت ۱، به طول ۱۴/۴ متر موتوری برای تغییر مدار و یک واحد اتصال به فضاپیما داشت. دو فضاپیمای سایوز ۱۰ و سایوز ۱۱، به ملاقات سالیوت ۱ رفتند. سرنشینان سایوز ۱۱ هنگام بازگشت به زمین، به سبب خرابی یکی از واشرهای آب‌بندی مدول فرود، جان باختند. با وجود همه‌ی این‌ها، مأموریت‌های سایوز نشان دادند که با پیش‌رفت فن‌آوری می‌توان به حمل و نقل مردم بین زمین و فضا پرداخت.

۱۹ آوریل ۱۹۷۱



جِمینی ۷

جِمینی ۷ مدت ۱٤ روز در فضا بود و نخستین پرواز فضایی بود که بیش از چند روز دوام داشت. برنامه‌ی فضایی جمینی آمریکا سکوی پرشی بین برنامه‌ی مرکوری و آپولو بود. این فضاپیما کابینی برای دو فضانورد و یک مدول امکانات شامل اکسیژن و سوخت و غذا داشت. هدف جِمینی نمایش امکان پرواز فضایی طولانی و ملاقات و اتصال در فضا بود. همه‌ی این موارد برای کاوش ماه ضروری بود.

۴ تا ۱۸ دسامبر ۱۹۶۵



۱۵ تا ۲۴ ژوییه ۱۹۷۵



اتصال آپولو ـ سایوز

در میانه‌ی جنگ سرد، ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی یک مأموریت فضایی انجام دادند: ملاقات آپولو و سایوز در فضا. اعضای هر دو گروه از فضانوردان، ضمن اجرای مانوری با فضاپیماهای خود، دو فضاپیما را به هم متصل کردند. اعضای هر گروه چند روز در فضاپیمای دیگری به آزمایش‌های علمی پرداختند و سپس مأموریت‌های خود را به‌طور جداگانه تکمیل کردند.

نخستین ایرانی در فضا

ایرانیان بسیاری در مراکز فضایی گوناگون مشغول به کارند و در مواردی، به مدیریت طرح‌های کلان فضایی می‌پردازند. نخستین سفر یک ایرانی به فضا، در بیست‌وهفتم شهریورماه سال ۱۳۸۵ (سپتامبر ۲۰۰۶) انجام شد؛ انوشه انصاری، ایرانی مقیم ایالات متحده، با سفر به ایستگاه فضایی بین‌المللی نخستین بانوی گردش‌گر فضایی شد. او برای این سفر چند ماه تمرین کرد و آموزش دید. سفر او با پرتاب موشک سایوز از قزاقستان آغاز شد و ۱۲ روز طول کشید که ۹ روز آن در ایستگاه فضایی سپری شد. با آن‌که در این سفر انوشه انصاری گردش‌گر فضایی بود، به خواست سازمان فضایی اروپا آزمایش‌های علمی نیز انجام داد و با روزنوشت‌های خود از ایستگاه و حتی ارتباط زنده با دانش‌آموزان، سعی کرد تجارب خود را از این سفر استثنایی با جهانیان تقسیم کند.

ملاقات در فضا

جمینی ۶ و ۷ نخستین فضاپیماهایی بودند که در فضا به ملاقات هم رفتند. آن‌ها در ارتفاع ۲۶۰ کیلومتری و سرعت ۳۰هزار کیلومتر بر ساعت تا فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری (یعنی تقریباً به اندازه‌ی طول این کتاب) به هم نزدیک شدند.



۲۰ ژوییه ۱۹۶۹



فرود بر سطح ماه

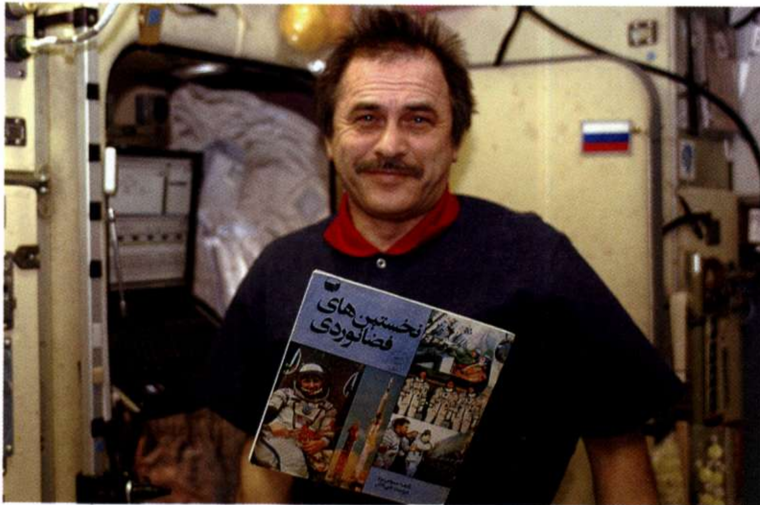
نیل آرمسترانگ، فرمان‌ده‌ی فضاپیمای آمریکایی آپولو ۱۱، با بیان عبارت «عقاب فرود آمد» رسیدن انسان به دنیایی به‌جز زمین را اعلام کرد. آرمسترانگ همراه با آلدرین مَه‌نشین عقاب را به سوی سطح ماه هدایت کرد. در همین حال مایکل کالینز در مدارگرد فرمان‌دهی باقی ماند. آرمسترانگ و آلدرین ۲ ساعت روی سطح ماه و ۲ ساعت و نیم خارج از مَه‌نشین عقاب به‌سر بردند. آن‌ها ۲۲ کیلوگرم نمونه سنگ و غبار از سطح ماه جمع‌آوری کردند.

بیش‌تر بدانیم

پرتاب‌گرهای فضایی ۴۸
ماهواره‌ها و مدارها ۵۴
زندگی در فضا ۷۸
علم در فضا ۸۰
سفر میان سیاره‌ای ۸۸
کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶
کاوش ماه ۱۱۶

حرفه‌ی فضانوردی

برخلاف تصور عمومی، فضانوردی و اخترشناسی دو رشته‌ی کاملاً مستقل است. بیش‌تر اخترشناسان فیزیک‌دان‌اند؛ در حالی‌که دانشمندان علوم فضایی در مکانیک، مهندسی فضایی یا دیگر رشته‌های فنی تحصیل کرده‌اند و فضانوردان نیز از رشته‌های گوناگون، به‌خصوص هوانوردی، وارد این حرفه شده‌اند. اخترشناسی و علوم فضا در طراحی و اجرای مأموریت‌های فضایی کاوش منظومه‌ی شمسی و کیهان دوردست به هم پیوند می‌خورند.



فضانورد روس در ایستگاه فضایی بین‌المللی، کتاب فضانوردی سیروس برزو، محقق و نویسنده‌ی ایرانی علوم فضایی را به سبب آشنایی با او، به مدار زمین برد. روس‌ها بیش‌ترین تجربه را در مأموریت‌های سرنشین‌دار کسب کرده‌اند و فضانوردان روس از باتجربه‌ترین و تواناترین‌ها در مأموریت‌های دشوار مانند اقامت‌های طولانی در فضا و راه‌پیمایی‌های فضایی‌اند.

چگونه فضانورد شویم

نخستین فضانوردان تاریخ، از میان هوانوردان جوان، تیزهوش و کارآموخته انتخاب شدند. هنوز هم بسیاری از فضانوردان از رشته‌هایی مانند هوانوردی و هوا ـ فضا وارد این عرصه می‌شوند. برخی فضانوردان نیز دانشمندان و پژوهشگران رشته‌های گوناگون علم و فن‌آوری‌اند که با آموختن دوره‌های فضانوردی، آزمایش‌های رشته‌ی خود را در محیطِ بی‌وزنی انجام می‌دهند. ممکن است آنان زیست‌شناس، شیمی‌دان، فیزیک‌دان، پزشک، یا اخترشناس باشند. با آن‌که اغلب فضانوردان جوان و میان‌سال‌اند، گاه افراد پیرتری نیز به فضا رفته‌اند؛ مانند جان گلن ۷۷ ساله، فضانورد باتجربه‌ای که در دوره‌ی بازنشستگی نیز به فضا رفت.

در برخی کشورهای دنیا، مانند روسیه، ایالات متحده و فرانسه، مراکزی برای تمرین فضانوردان وجود دارد. برای مثال، بسیاری در شهر ستارگان یا مرکز فضایی گاگارین در حومه‌ی مسکو تمرین می‌کنند.

در ایران، سابقه‌ای برای فعالیت‌های حرفه‌ای فضانوردی وجود ندارد و بیش‌تر تلاش‌های انجام شده در علوم فضا، مربوط به تحقیقات ماهواره‌ای و بدون سرنشین است. با وجود این، آغاز به کار مراکزی مانند سازمان فضایی ایران، زمینه‌ی ارتباط رشته‌های دانشگاهی هوانوردی و هوا ـ فضا را با گرایش فضانوردی فراهم خواهد آورد.

فضانورد در اتاقک کروی قرار می‌گیرد و این دستگاه عظیم، بازوی خود را با سرعت زیاد می‌چرخاند. اتاقک کروی نیز جهت‌های متفاوتی به خود می‌گیرد و فضانوردان فشار گرانشی هنگام پرتاب و فرود را تجربه می‌کنند.

شهر ستارگان، مرکز آموزش فضانوردان، در روسیه.

فضانوردان دولتی

تعریف عمومی فضانورد شخصی است که به ارتفاع بیش از ۱۰۰ کیلومتری زمین سفر کند. بیش‌تر فضانوردان از سوی مراکز فضایی ملی یا دولتی انتخاب و حمایت می‌شوند. تاکنون بیش از ۵۰۰ نفر از حدود ۴۰ ملیت متفاوت به فضا رفته‌اند. بنابراین در مقایسه با جمعیت ۷میلیارد نفری زمین، از هر ۱۴ میلیون نفر فقط یک نفر راهی فضا شده است. بیش‌تر فضانوردان به ایستگاه‌های فضایی در مدارهای پایین (چند صد کیلومتری زمین) می‌روند. فقط ۲۴ فضانورد به ورای این محدوده، یعنی به مدار و سطح ماه رفته‌اند. در مجموع، اقامت تمام فضانوردان در فضا معادل ۳۰هزار نفر روز بوده است. سرگئی کریکالوف، فضانورد روسی، به تنهایی ۸۰۳ روز طی چندین سفر فضایی خارج از زمین بوده که رکوردی جهانی است. سفرهای فضایی خطرهای بسیاری نیز دارد. در سانحه‌های فضایی، از جمله در انفجار دو شاتل فضایی چلنجر و کلمبیا، در مجموع حدود ۲۰ فضانورد کشته شده‌اند.

تاکنون، بیش‌تر فضانوردان روس و آمریکایی بوده‌اند. به فضانوردان روس معمولاً کیهان‌نورد می‌گویند. نخستین فضانورد در تاریخ عصر فضا، یوری گاگارین، کیهان‌نورد روس، بود که در سال ۱۹۶۱ حدود ۱۰۸ دقیقه در مدار زمین ماند. دو سال پس از او، روس‌ها نخستین فضانورد زن، والنتینا ترشکوا را نیز به مدار زمین فرستادند. در سال ۱۹۶۵، کیهان‌نورد دیگری به نام آلکسی لئونف نخستین راه‌پیمایی فضایی را در بیرون از فضاپیمای وُسخود ۲ انجام داد. در سال ۱۹۶۹ نیل آرمسترانگ، فضانورد ناسا، نخستین انسانی بود که بر سطح کره‌ی دیگری به‌جز زمین قدم گذاشت. اقامت او و باز آلدرین بر سطح ماه، حدود ۲/۵ ساعت طول کشید و طی ماه‌های بعد، با مأموریت‌های طولانی‌تر آپولو ادامه یافت.

تا به حال، جوان‌ترین فضانورد، گرمان تیتوف ۲۵ ساله است که فقط چند ماه پس از گاگارین در سال ۱۹۶۱ با فضاپیمای وستوک ۲ پرواز کرد. او نخستین کسی بود که در فضا خوابید و نیز دچار بیماری حرکت در فضا شد. پیرترین فردی که تاکنون به فضا رفته، فضانورد باتجربه‌ی ناسا جان گلن است که در ۷۷ سالگی با شاتل فضایی پرواز کرد.



بازدید فضانورد روسی، گئورگی گرِجکو، از مرکز علوم و ستاره‌شناسی تهران (دی‌ماه ۱۳۸۶).
گئورگی گرجکو متولد لنینگراد یا سن‌پترزبورگ (۱۹۳۱) و عضو فعال آکادمی فضانوردی روسیه است.
نخستین پرواز او در سال ۱۹۷۵ با فضاپیمای سایوز ۱۷ و سالیوت ۴ و دو پرواز بعدی او با سایوز ۲۶ و سایوز تی-۱۴ بود. گرجکو مجموعاً ۳۸ شبانه‌روز در فضا زندگی کرده است.

فضانوردان خصوصی

از سال ۲۰۰۱ (۱۳۸۰)، فضانوردان غیر دولتی نیز به مرزهای ورای زمین راه یافته‌اند. گردش‌گران فضایی از طریق سازمان فضایی روسیه برای اقامتی چند روزه در ایستگاه فضایی، بیش از ۲۰ میلیون دلار پرداخت می‌کنند و چندین ماه تمرین می‌بینند. در سال ۲۰۰۴ (۱۳۸۳)، نخستین فضاپیمای خصوصی با یک سرنشین پرواز آزمایشی خود را با موفقیت به ورای صد کیلومتری زمین انجام داد. فضاناو شماره‌ی ۱، بیش‌تر شبیه یک هواپیماست که به مرور ارتفاع می‌گیرد. در سال‌های آینده، چنین فضاپیماهایی فضانوردی را متحول می‌کنند و انسان‌های بیش‌تری راهی فضا می‌شوند؛ چه آن‌هایی که فضانوردان محقق در بخش خصوصی خواهند بود و چه گردش‌گرانی که چند ساعت یا چندین روز را با هزینه‌ای بسیار کمتر از امروز، در فضا می‌گذرانند.

بی‌وزنی اما نه در فضا

سازمان‌های فضایی برای تمرین فضانوردان حرفه‌ای و شرکت‌ها برای توسعه‌ی گردش‌گری فضایی، از هواپیماهای معروف به گرانش صفر یا Zero G استفاده می‌کنند. این هواپیماها پیوسته در هوا با زاویه‌ای تند اوج می‌گیرند و شیرجه می‌روند تا به کمک اثر سقوط آزاد، بی‌وزنی را مانند مدار زمین، در محیط درون خود ایجاد کنند.

پرواز معروف به گرانش صفر با اوج گرفتن و شیرجه رفتن‌های متوالی حالتی مانند بی‌وزنی در مدار زمین را برای دقایقی کوتاه در محیط درون خود به‌وجود می‌آورد.



استیون هاوکینگ، فیزیک‌دان مشهور، که کاملاً فلج است، در یکی از پروازهای گرانش صفر، بی‌وزنی را تجربه می‌کند.



شاتل فضایی

نخستین پرواز آزمایشی سامانه‌ی حمل و نقل فضایی (STS) در سال ۱۹۸۱ انجام شد. STS، که معمولاً به آن شاتل فضایی می‌گویند، از یک مدارگرد با سه موتور اصلی و از یک مخزن خارجی و دو موشک کمکی سوخت جامد تشکیل شده است. بار شاتل سوار بر بخش محموله‌ی مدارگرد به فضا ارسال می‌شود. ماده‌ی پیش‌ران برای موتورهای اصلی از مخزن خارجی تأمین می‌شود. مدارگرد، پس از هر مأموریت، به زمین بازمی‌گردد و روی باندی بسیار طولانی، مانند هواپیما، فرود می‌آید. شاتل‌ها، ماهواره‌ها و کاوش‌گری فضایی را به مدار می‌برند. شاتل فضایی، ایستگاه فضایی اسپیس لَب و تکه‌های ایستگاه فضایی بین‌المللی را به مدار برده و علاوه بر این، شامل سکویی فضای برای ساخت‌وساز و تعمیرات در فضا و انجام‌دادن آزمایش‌های علمی در محیط بی‌وزنی است.
پس از انفجار شاتل چَلنجِر در سال ۱۹۸۶ و شاتل کلمبیا در سال ۲۰۰۳، فقط سه شاتل فعال باقی مانده است. فن‌آوری ساخت شاتل‌ها به دهه‌ی ۱۹۷۰ برمی‌گردد. با وجود کارآیی بسیار این سامانه در سال‌های گذشته، اکنون نیازی جدّی به طراحی و ساخت نسل جدیدی از سامانه‌های حمل و نقل وجود دارد. شاتل‌ها تا پایان این دهه‌ی میلادی، پس از تکمیل ساخت ایستگاه فضایی بین‌المللی، بازنشسته خواهند شد.

محافظت حرارتی

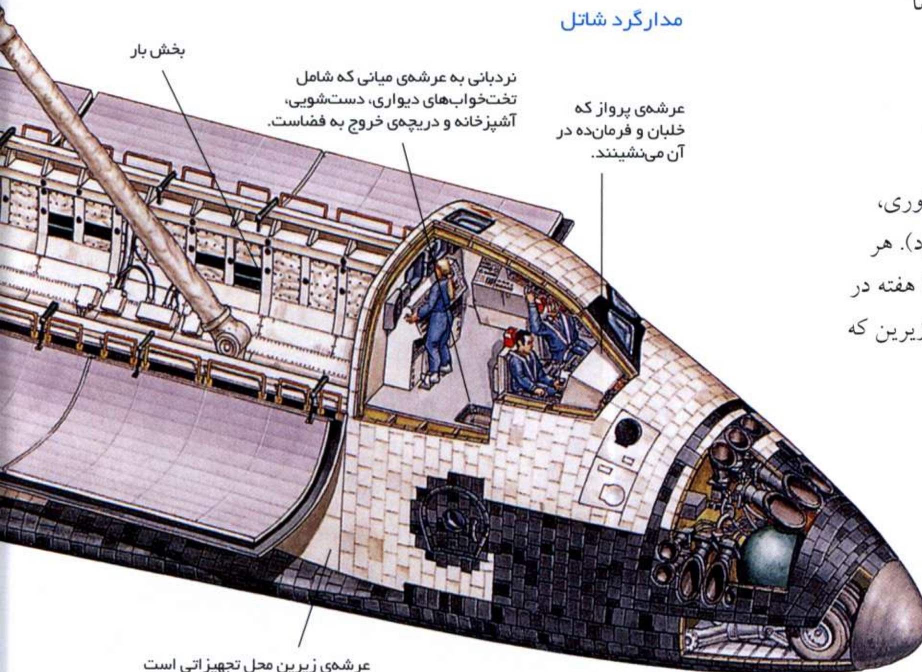
وقتی مدارگردی وارد جوّ زمین می‌شود، اصطکاک برخورد با ملکول‌های جوّ، بدنه‌ی خارجی آن را بین ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گرم می‌کند. به این سبب، پوشش محافظی لازم است تا از ذوب شدن مدارگرد جلوگیری کند. انواع متفاوتی از حفاظ‌ها، از بخش‌های متفاوت محافظت می‌کنند. لبه‌های بال‌ها و سر دماغه‌ی شاتل، داغ‌ترین بخش‌ها هستند. حدود ۷۰درصد از سطح را کاشی‌های مخصوصی پوشانده‌اند که حرارت بین ۳۷۰ تا ۱۲۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را جذب می‌کنند. این قطعات سرامیک، عایق‌های کاملی هستند و حرارت را چنان به آرامی منتقل می‌کنند که به مدارگرد نرسد.

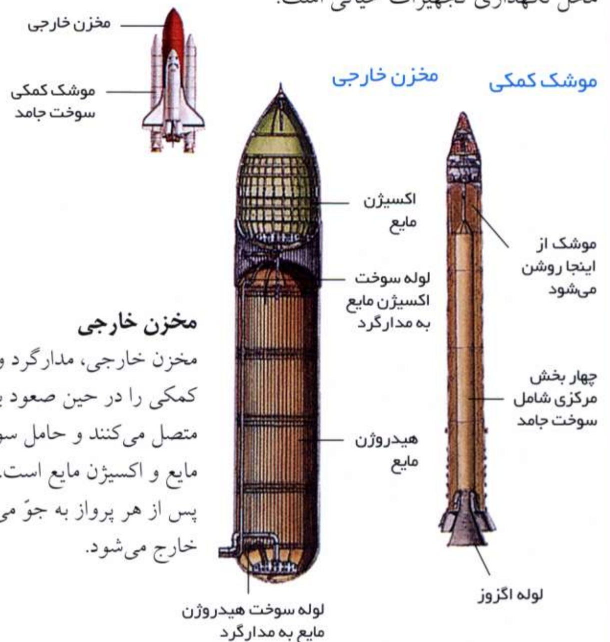


مدارگرد شاتل

مدارگرد، هواپیمای فضایی است. در هر مأموریتِ شاتل، یکی از سه مدارگرد دیسکاوری، اندیور و آتلانتیس به مدار می‌روند (اغلب به خود این مدارگردها شاتل گفته می‌شود). هر یک از این مدارگردها، تا ۷ فضانورد را با خود به فضا می‌برند و امکان دارد حدود ۲ هفته در فضا بمانند. کابین مدارگرد سه عرشه دارد: عرشه‌ی پرواز، عرشه‌ی میانی و عرشه‌ی زیرین که محل نگهداری تجهیزات حیاتی است.

مدارگرد شاتل





مخزن خارجی

مخزن خارجی، مدارگرد و موشک‌های کمکی را در حین صعود به مدار، به هم متصل می‌کنند و حامل سوخت هیدروژن مایع و اکسیژن مایع است. این مخزن پس از هر پرواز به جوّ می‌سوزد و از رده خارج می‌شود.

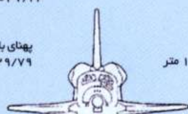
موشک‌های کمکی سوخت جامد

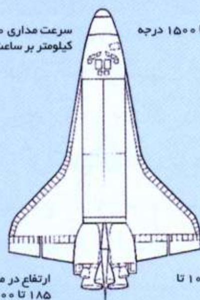
موشک‌های کمکی سوخت جامد مدارگرد را تا ارتفاع ۴۵ کیلومتری پیش می‌رانند و طوری طراحی شده‌اند که تا ۲۰ پرواز دوام بیاورند. پس از هر پرواز، آن‌ها را از اقیانوس‌ها بازیابی و برای پرواز بعدی آماده می‌کنند. این موشک‌ها کل وزن STS را روی زمین تحمل می‌کنند.

شش فضانورد شاتل فضایی در شرایط بی‌وزنی مدار زمین



خصوصیات مداری





انفجار شاتل‌ها

روز بیست‌وهشتم ژانویه‌ی سال ۱۹۸۶، مدارگرد چَلنجِر منفجر شد و هر هفت فضانورد آن کشته شدند. اتصالی بین دو بخش یکی از موشک‌های کمکی خراب بود. گازهای داغ، محفظه‌ی موشک کمکی را سوزانده و به مخزن خارجی رسیده بود. مخزن شکافت، هیدروژن مایع به شدت در هوا سوخت و شاتل در عرض ۱۵ ثانیه از هم پاشید. دومین فاجعه‌ی شاتل‌ها اول فوریه سال ۲۰۰۳ به وقوع پیوست؛ زمانی که مدارگرد کلمبیا در پایان مأموریت ۱۶ روزه‌ی خود وارد جوّ زمین شد. ناگهان ۱۶ دقیقه پیش از فرود، در برابر چشمان صدها تماشاگر، شاتل به هزاران قطعه تبدیل شد. در این حادثه نیز هفت فضانورد جان خود را از دست دادند. دلیل حادثه، کنده شدن بخشی از فوم بدنه‌ی مخزن بیرونی سوخت در حین پرتاب و سقوط این تکه بر گوشه‌ای از بال شاتل بود. این نقص جزیی در بال شاتل در هنگام بازگشت سبب شد فضاپیما در زاویه‌ای نامناسب وارد جوّ شود و بسوزد. حادثه‌ی کلمبیا به تعویق مأموریت‌های بعدی شاتل تا تابستان سال ۲۰۰۵ منجر شد.





مأموریت‌های مهم شاتل

• نخستین پرواز شاتل با مدارگرد کلمبیا در روزهای دوازدهم تا چهاردهم آوریل ۱۹۸۱ صورت گرفت.

• سه پرواز بعدی با کلمبیا، بین نوامبر ۱۹۸۱ و ژوییه‌ی سال ۱۹۸۲ انجام و در آن‌ها بازوی کنترل از دوردست آزمایش شد.

• بین ششم تا سیزدهم آوریل سال ۱۹۸۴، فضانوردان شاتل چَلنجِر مأموریتی انجام دادند تا به تأثیر سفرهای طولانی فضایی بر مواد و نمونه‌های زیست‌شناختی پی ببرند.

• فضانوردان شاتل آتلانتیس، فضاپیمای گالیله را در فضا رها کردند. یک موشک، مرحله‌ی بالایی این فضاپیما را به سوی مسیر آن تا مشتری راند.

• مدارگرد دیسکاوری، در مأموریت بیست‌وچهارم تا بیست‌ونهم آوریل ۱۹۹۰ خود، تلسکوپ فضایی هابل را به مدار برد.

• از سال ۱۹۹۸ به بعد، بیش‌تر مأموریت‌های شاتل فضایی برای تکمیل ایستگاه فضایی بین‌المللی در ارتفاع حدود ۳۵۰ کیلومتری زمین بود.

• چهارم دسامبر ۱۹۹۸، فضانوردان شاتل فضایی اینديور مدول مهم یونیتی (اتحاد) را به نخستین بخش در مدار قرارگرفته‌ی ایستگاه رساندند.

• هفتم فوریه‌ی سال ۲۰۰۱، در مأموریت شاتل فضایی آتلانتیس مدول دستینی (سرنوشت) به ایستگاه فضایی متصل شد.

بیش‌تر بدانیم

سفر شاتل فضایی ۷۶
موشک‌ها چگونه کار می‌کنند؟ ۴۴
پیش‌رانش موشک ۴۶
زندگی در فضا ۷۸
علم در فضا ۸۰
ایستگاه فضایی بین‌المللی ۸۲

سفر شاتل فضایی

پیکره‌ی عظیم شاتل‌های فضایی و سوخت عظیمی که برای گریز از زمین مصرف می‌کنند، این تصویر عمومی را ایجاد می‌کند که این فضاپیماها تا اعماق فضا پیش می‌روند. اما مقصد بیش‌تر پروازهای شاتل، ایستگاه فضایی در فاصله‌ی ۳۵۰ کیلومتری زمین، یعنی برابر فاصله‌ی تهران تا اصفهان، اما در خلاف جهت نیروی گرانش زمین است. این سفر فضایی، طی فقط چند دقیقه، فضانوردان را از جوّ زمین خارج می‌کند. آن‌ها باید برای فشار گرانشی زیادی که در این لحظات به آن‌ها وارد می‌شود، مدت‌ها تمرین کرده باشند. پس از رسیدن به فضا، شاتل طی یک تا دو روز به مرور در مدار ایستگاه فضایی و مسیر اتصال به آن قرار می‌گیرد.

۱ پیکره‌ی ۵۶ متری شاتل از ساختمان مونتاژ به سوی سکوی پرتاب خارج می‌شود.



۲ شاتل فضایی سوار بر بزرگ‌ترین خودرو جهان، کراولر، با سرعت کند ۲ کیلومتر بر ساعت مسیر مخصوص ۶ کیلومتری تا سکوی پرتاب را طی می‌کند. این مسیر با شن‌ریزه و قلوه‌سنگ طوری درست شده است که وزن عظیم کراولر را تحمل کند و دست‌اندازی در مسیر به‌وجود نیاید.



۳ فضاپیما از زمین کنده می‌شود. وزن شاتل همراه با موشک‌های بالابرنده و مخزن بیرونی سوخت در این لحظه ۲هزار تن است و فضاپیما با توان ۱۴۰میلیون اسب بخار، معادل توان ۱۱۵میلیون دستگاه اتومبیل شهری، بر گرانش زمین غلبه می‌کند.



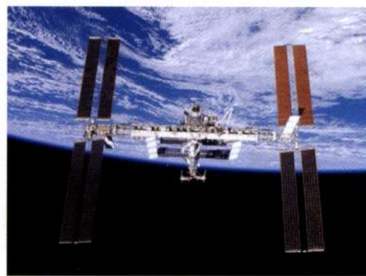
۴ فضاپیما از پایگاه فضایی کندی در فلوریدا، در کرانه‌ی اقیانوس اطلس، بلند می‌شود و سفری تقریباً ۲ هفته‌ای را به مدار زمین آغاز می‌کند



۵ فقط ۲ دقیقه پس از پرتاب، موشک‌های کمکی با سوخت جامد، که ۸۰درصد نیروی پیش‌ران اولیه را ایجاد می‌کنند، از سوخت خالی و در ارتفاع ۴۵ کیلومتری سطح زمین از شاتل جدا می‌شوند. سپس با چتر نجات در اقیانوس فرود می‌آیند.



۶ کمتر از ۱۰ دقیقه پس از پرتاب، فضاپیما به ارتفاع بیش از صد کیلومتری، یعنی به مرز قراردادی فضا می‌رسد. مخزن بیرونی سوخت، که خالی شده است، رها می‌شود تا در جوّ بسوزد و مدارگرد شاتل فضایی طی یک تا دو روز بعدی، به مرور خود را به مدار ایستگاه فضایی بین‌المللی در ارتفاع حدود ۳۵۰ کیلومتری می‌رساند تا شاتل از پنجره‌ی ایستگاه دیده شود.



۷ منظره‌ی ایستگاه فضایی بین‌المللی از نگاه فضانوردان شاتل، ساعاتی پیش از الحاق آن دو در مدار زمین.



۸ پس از الحاق، هفت فضانورد شاتل فضایی و سه خدمه‌ی ایستگاه فضایی گرد هم می‌آیند. شاتل فضانورد در هر مأموریت، خدمه‌ی جدیدی را با خود به ایستگاه می‌آورد و فضانورد قبلی را برمی‌گرداند. به‌علاوه، وسایل مورد نیاز و قطعات جدید ایستگاه را به مدار حمل می‌کند.



۹ فضانوردان با راه‌پیمایی فضایی در بیرون از ایستگاه، سازه‌های جدید ایستگاه را به کمک بازوهای روبوتی سر هم و مراحل را در فضا بازبینی می‌کنند.



۱۰ پس از پایان مأموریت، شاتل سفر دو هفته‌ای خود را مانند یک هواپیما، با عبور از جوّ زمین و فرود به پایگاه فضایی به‌پایان می‌رساند. با آن‌که شاتل در حال مأموریت فقط چند صد کیلومتر از زمین دور شده بود، با حدود ۲۰۰ بار گردش به دور زمین، میلیون‌ها کیلومتر را در فضای اطراف سیاره با نیروی رایگان گرانش زمین پیمود.

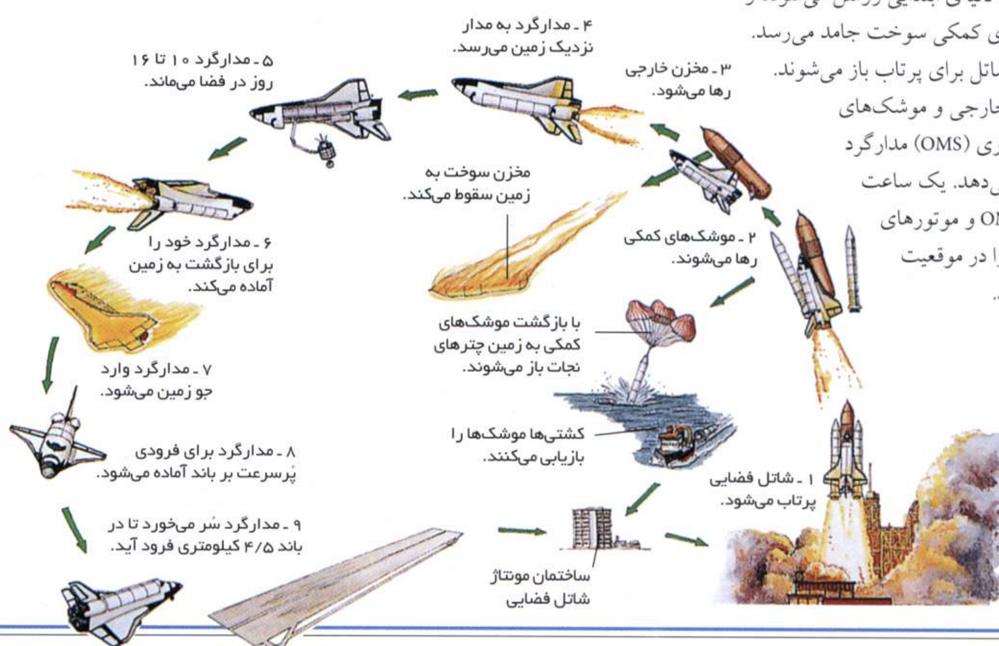


۱۱ وقتی شاتل فضایی ناچار شود به سبب بدی آب و هوا در فلوریدا در پایگاه فضایی ادوارد در غرب آمریکا فرود بیاید، با هواپیمای بوئینگ ۷۴۷ مخصوصی به پایگاه فضایی کندی در شرق آمریکا منتقل می‌شود.

از پرتاب تا فرود

سه موتور اصلی در ۰/۱۲ ثانیه‌ی ابتدایی روشن می‌شوند و سپس نوبت به موشک‌های کمکی سوخت جامد می‌رسد. چفت‌های نگهدارنده‌ی شاتل برای پرتاب باز می‌شوند. پس از رها شدن مخزن خارجی و موشک‌های کمکی، دستگاه مانور مداری (OMS) مدارگرد را در مدار صحیح قرار می‌دهد. یک ساعت پیش از فرود، دستگاه OMS و موتورهای هدایت‌کننده‌ی مدارگرد را در موقعیت ورود به جوّ قرار می‌دهند.

پرونده پرواز



بیش‌تر بدانیم

پرواز به فضا ۷۰
شاتل فضایی ۷۴
ایستگاه فضایی بین‌المللی ۸۲

زندگی در فضا

مهندسان، ایستگاه‌های فضایی را چنان طراحی کرده‌اند که فضانوردان بتوانند مدت زیادی در محیط سخت فضا زندگی کنند. محیطی بدون اکسیژن، بدون خاک برای پرورش گیاهان، بدون آب و بدون فشار هوا. سامانه‌های پشتیبان حیات سوار بر ایستگاه‌ها باید اکسیژن مورد نیاز را مهیا و دی‌اکسیدکربن بازدم تنفس انسان‌ها را تصفیه کنند. همچنین هوا باید دارای فشاری برابر با فشار هوا روی زمین باشد و دما در حدّ تعادل حفظ شود. در آینده، شاید بتوان گیاهانی در فضا کاشت و غذای فضانوردان را تهیه کرد. اما امروزه غذا و آب خدمه‌ی فضاپیماها از زمین تأمین می‌شود. در درون ایستگاه، مانند هر جای دیگری از مدار زمین، وضعیت بی‌وزنی است. گرچه بیش‌تر از ۹۰درصد گرانش زمین وجود دارد، چون همه چیز در مدار زمین پیوسته در حال سقوط آزاد در مسیری دایره‌ای (مدار) به دور زمین است، بی‌وزنی به وجود می‌آید. در ایستگاه‌های فضایی آینده، احتمالاً با ایجاد چرخش منظم ایستگاه به دور خود، نیروی گریز از مرکزی ایجاد خواهد شد که نوعی جاذبه‌ی مصنوعی را به سوی بدنه‌ی ایستگاه در تمام نقاط ایجاد می‌کند.

دلیل بی‌وزنی چیست؟

بی‌وزنی در مدار به سبب کاهش یا نبود گرانش زمین نیست. زیرا در چند صد کیلومتری زمین، کماکان گرانش قابل توجهی بر ما وارد می‌شود. اما چون در مداری به دور زمین قرار گرفته‌ایم، با سرعت در حال حرکت‌ایم و مانند سقوط آزاد از یک بلندی، حالت بی‌وزنی به‌وجود می‌آید.



میر بر فراز اقیانوس آرام

بهداشت شخصی

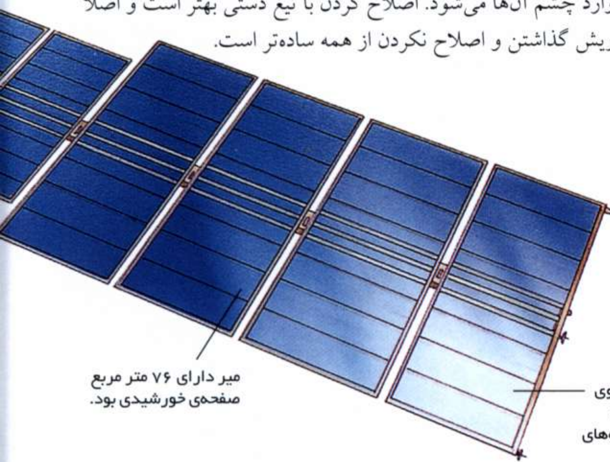
داخل میر دوشی برای فضانوردان وجود داشت؛ اما دوش گرفتن در فضا کار ساده‌ای نیست. چون آب به راحتی فرار می‌کند و به قطره‌های شناور در محیط تبدیل می‌شود. فضانوردان در شاتل فضایی با اسفنج خیس حمام می‌کنند. برای مردان فضانورد اصلاح صورت با ماشین ریش‌تراش برقی اصلاً فکر جالبی نیست. چون خُرده‌های ریش و سبیل در هوا پراکنده و وارد چشم آن‌ها می‌شود. اصلاح کردن با تیغ دستی بهتر است و اصلاً ریش گذاشتن و اصلاح نکردن از همه ساده‌تر است.



فضانورد شاتل فضایی در حال اصلاح صورت.

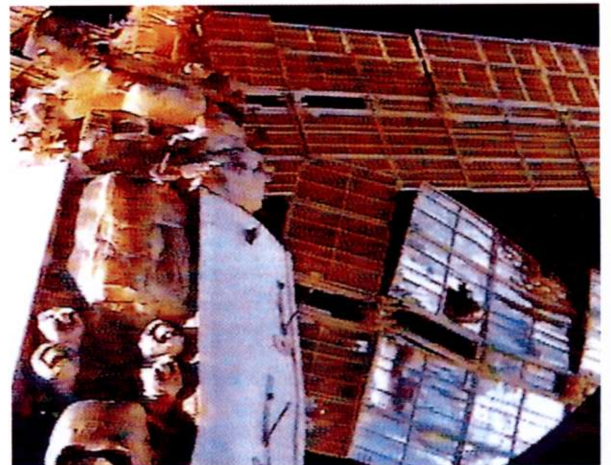
ایستگاه فضایی میر

میر بیش‌تر از همه‌ی ایستگاه‌های فضایی عمر کرد. این ایستگاه شامل بخش مرکزی و شش بخش جانبی بود که به مرور طی ۱۰ سال ابتدای ساخت، به آن اضافه شدند. از فوریه‌ی سال ۱۹۸۶ تا اوت سال ۱۹۹۹، فضانوردان گوناگونی به این ایستگاه سفر کردند و برخی فضانوردان روس، در هر سفر گاه تا بیش از یک سال در آن اقامت داشتند. در مجموع، ۱۰۴ فضانورد به میر سفر کردند. نیروی مورد نیاز ایستگاه از طریق صفحه‌های خورشیدی و باتری‌ها تأمین می‌شد. هر روز ساعتی، خدمه را رأس ساعت ۸ صبح به وقت مسکو بیدار می‌کرد و مسئولان مأموریت برنامه‌ی آن روز را برای فضانوردان می‌فرستادند. میر هر ۹۰ دقیقه، که زمین را دور می‌زد و از فراز ایستگاه گیرنده‌ای می‌گذشت، با هدایت‌کنندگان زمینی تماس برقرار می‌کرد.



میر دارای ۷۶ متر مربع صفحه‌ی خورشیدی بود.

صفحه‌های خورشیدی روی هر بخش، انرژی لازم را برای تحقیقات و دستگاه‌های اصلی فراهم می‌آورند.



آسیب وارد شده به بخش اسپِکتر

خطرها

روز بیست‌وپنجم ژوئن سال ۱۹۹۷، فضاپیمای بی‌سرنشین و باربری پروگرس، که مشغول حمل مایحتاج به میر بود، با بخش (مدول) علمی اِسپِکْتر برخورد و خطوط برق را قطع کرد. مایک فول، فضانورد آمریکایی و همکار روس او ساعت‌ها برای ذخیره‌ی برق و جلوگیری از وقوع یک حادثه مبارزه کردند.

سال‌شمار عمر میر

- هسته‌ی مرکزی ایستگاه فضایی میر در فوریه‌ی سال ۱۹۸۶ پرتاب شد.
- در ژوییه‌ی سال ۱۹۸۷، بخش کْوانْت ـ ۱ به هسته متصل شد. در دسامبر همان سال، کْوانْت ـ ۲ نیز به آن پیوست که حامل تجهیزاتی برای آزمایش‌های زیستی بود.
- در ژوییه‌ی سال ۱۹۹۰، بخش کریستال به مدار رفت. این مدول درگاهی برای اتصال به شاتل فضایی داشت و حامل تجهیزاتی برای تحقیقات اثر بی‌وزنی بر خواص مواد بود.
- بخش اِسپِکْتر در مِه سال ۱۹۹۵ به میر متصل شد و حامل تجهیزاتی برای رصد زمین بود. در ژوئن همان سال، یک مدول اتصال به ایستگاه اضافه شد تا اتصال میر با شاتل راحت‌تر انجام شود.
- در بیست‌وششم آوریل سال ۱۹۹۶، مدول پریرودا به مدار رفت. این مدول زمین را از فضا زیر نظر داشت.
- در مارس سال ۲۰۰۱، ایستگاه فضایی میر، که چند ماه پیش از آن بی‌سکنه شده بود، با ورود به جوّ زمین به زندگی خود پایان داد. برخی تکه‌های ایستگاه، که کاملاً در جوّ نسوختند، به اقیانوس سقوط کردند.

غذای فضایی

یکی از فضانوردان، که ساندویچ همبرگری را پنهانی به فضا برده بود، بعدها به جان گلن، نخستین آمریکایی که در سال ۱۹۶۲ به فضا رفت، گفت که این غذا چه‌قدر در فضا بدمزه بود.
همه‌ی غذاهایی که از زمین به فضا حمل می‌شوند، باید سبک باشند. تکه‌های غذا به راحتی در فضا شناور می‌شوند. به این سبب، گاه آن‌ها را با ژلاتین خوردنی می‌پوشانند تا کثیف نشود. معمولاً غذاها به صورت خشک‌شده‌اند و در هنگام نیاز به آن‌ها آب اضافه می‌کنند. فضاپیماهای پشتیبان تا ۱۰ لیتر آب به میر می‌برند؛ اما شاتل فضایی قسمتی از آب مورد نیاز را تولید می‌کند.

صورت غذای فضایی

صبحانه	میوه یا غلات، پیراشکی گوشت یا تخم‌مرغ، نیم‌روی زده شده، کاکائو و آب میوه
ناهار	ماکارونی بوقلمون یا هات‌داگ، نان، موز یا مغز بادام، آب میوه
شام	سوپ یا مخلوط میوه، پلو یا استیک، گراتینه‌ی کلم بروکلی، پودینگ و آب میوه



بخش مرکزی ایستگاه فضایی میر

آنتن ملاقات در نوک صفحه‌ی خورشیدی، فضاپیما را برای الحاق در فضا (با فضاپیمای سایوز، پروگرس یا شاتل فضایی) هدایت می‌کند.

میز هدایت جایی است که خدمه، وضعیت، آزمایش‌ها و مدار میر را از آن‌جا زیر نظر داشتند و آن را هدایت می‌کردند.

ورودی به درگاه اتصال

آنتن کوچک، با فضاپیمایی که می‌خواهد به ایستگاه متصل شود، ارتباط برقرار می‌کند.

آنتن بزرگ پیام‌ها را به ماهواره‌ها ارسال می‌کند.

دیوارها، سقف و کف ایستگاه به رنگ‌های متفاوتی هستند تا خدمه برای جهت‌یابی با مشکلی مواجه نشوند.

فضانوردان از دوچرخه‌ی ثابت ایستگاه برای حفظ تناسب اندام خود استفاه می‌کنند.

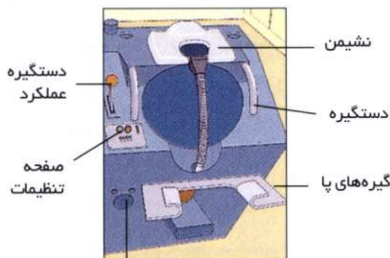
میله‌های هدف، راهنمای فضاپیمای در حال الحاق هستند.

کابین‌ها شامل دست‌شویی و فضای خواب هستند.

میر گنجایش حمل ۶ فضانورد را داشت.

توالت فضایی

گیره‌هایی فضانورد را در جای مخصوص نگه می‌دارند تا او بتواند از توالت استفاده کند. یک دستگاه مَکنده بین بدن و قسمت نشیمن توالت روشن می‌شود تا فضولات مکیده شود. در شاتل فضایی، مدفوعْ خشک و به‌گونه‌ای نگه‌داری می‌شود که باکتری درون آن رشد نکند. ادرار با آب‌های کثیف جمع و هر چند وقت یک‌بار، تخلیه می‌شود. تخلیه‌ی مدفوع سبب تولید زباله‌های خطرناک فضایی می‌شود که ممکن است با برخورد به ماهواره‌ها و مدارگرها سبب حادثه شود. به همین دلیل، بسیاری از زباله‌های ایستگاه در فضاپیمای پروگرس بارگذاری می‌شوند و در جوّ زمین می‌سوزند.



نشیمن

دستگیره عملکرد

دستگیره

صفحه تنظیمات

گیره‌های پا

دکمه تنظیم برای خاموش کردن دستگاه

حفظ تناسب اندام

انسان در فضا مجبور نیست به سختی روی زمین کار کند. چون در وضعیت بی‌وزنی، نیروی گرانشِ بسیار کمی بر آن وارد می‌شود. در نتیجه، ماهیچه‌ها به مرور تحلیل می‌روند. به این سبب، همه‌ی خدمه‌ی پرواز در فضا باید هر روز برنامه‌ی نرمشیِ دقیقی اجرا کنند تا ماهیچه‌های خود را قوی نگه‌دارند. همه‌ی ایستگاه‌های فضایی نیز باید به تجهیزات حفظ اندام، مانند دوچرخه‌ی ثابت، مجهز باشند.



تسمه‌های مخصوصی فضانوردان را به نقاله‌های متحرک پیاده‌روی متصل می‌کنند.

استفاده از نقاله‌های متحرک پیاده‌روی یکی از راه‌های حفظ تناسب اندام برای فضانوردان است.



کمربند

خواب ایمن

اگر فضانوردان در هر گوشه‌ای از ایستگاه یا فضاپیما بخوابند، در فضا شناور می‌شوند و مدام سر راه دیگران قرار می‌گیرند. برای جلوگیری از این اتفاق، مکان‌های مخصوصی برای خواب طراحی شده که مجهز به کمربند است و فضانورد را سر جای خود نگه‌می‌دارد. فضانوردان از چشم‌بند هم استفاده می‌کنند؛ زیرا در فضاپیمایی نزدیک زمین، خورشید هر ۱/۵ ساعت طلوع و غروب می‌کند. اگر دیگر اعضای فضاپیما در آن نزدیکی مشغول کار باشند، آن‌ها حتی به روگوشی هم احتیاج دارند.

بیش‌تر بدانیم

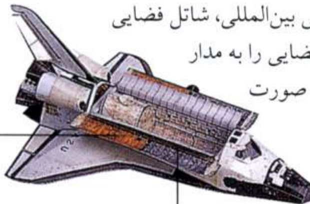
پرواز به فضا ۷۰
شاتل فضایی ۷۴
علم در فضا ۸۰
ایستگاه فضایی بین‌المللی ۸۲

علم در فضا

گرانش به حفظ تناسب اندام انسان در روی زمین کمک می‌کند و بر نحوه‌ی گسترش ریشه‌های گیاهان در خاک و چگونگی ترکیب دو سیال اثر می‌گذارد. نیروی گرانش را نمی‌توان روی زمین تغییر داد (به‌جز در ابزارهای آزمایشگاهی مدرن و خاص). بنابراین، دانشمندان برای انجام‌دادن آزمایش‌هایی درباره‌ی گرانش، وضعیت بی‌وزنی مدار زمین را بسیار ارزش‌مند می‌دانند. در مدار، اجسام از اثر گرانش زمین فرار نمی‌کنند؛ اما اگر فضانوردی مدادی را رها کند، مداد شناور باقی می‌ماند. زیرا فضاپیما، فضانورد و مدار در حال سقوط آزاد به سمت زمین هستند (اما هرگز به آن نمی‌رسند؛ زیرا در مدار می‌چرخند). همه در حال تجربه‌ی بی‌وزنی‌اند، که ریزگرانش هم نامیده می‌شود. ریزگرانش وضعیتی فراهم می‌آورد که دانشمندان می‌توانند در آن، آثار گرانش بر فرآیندهای فیزیکی و زیست‌شناختی را آزمایش کنند.

داخل آزمایشگاه فضایی

خدمه در مدارگرد شاتل می‌خوابیدند و به حالت شناور، وارد تونل دسترسی به اسپیس لَب می‌شدند تا برای کار وارد مدول‌های با فشار تنظیم شده شوند. آزمایش‌ها در واحدهایی با طراحی مخصوص به نام رَف، انجام می‌شد که حامل تجهیزات برای انواع تحقیقات، از بررسی رشد بلورها تا مشاهده‌ی تکامل سلول‌ها بود. این رَف‌ها مشخصاً برای هر مأموریت مجهز می‌شدند. برخی رَف‌ها برای انواع خاصی از آزمایش‌ها، مانند زیست‌شناسی سلولی، طراحی شده بودند. با آن‌که با آغاز طرح ساخت ایستگاه فضایی بین‌المللی، شاتل فضایی دیگر نتوانست آزمایشگاه فضایی را به مدار ببرد، چنین آزمایش‌هایی به صورت کامل‌تر، در ایستگاه فضایی پی‌گیری خواهد شد.



در مدار درهای بخش بار، که حامل اسپیس لب بوده است، باز می‌ماند.

اسپیس لَب (آزمایشگاه فضایی) درون بخش بار شاتل فضایی جای می‌گرفت.

آزمایشگاه فضایی

پهنای مدول‌های با فشار تنظیم شده ۴ متر بود. طول یکی از آن‌ها ۷ و دیگری ۴/۳ متر بود.

آزمایشگاه فضایی طوری طراحی شده بود که محفظه‌ای با سقف، کف و دیواره به‌نظر برسد.

تونل دسترسی بین مدارگرد شاتل و آزمایشگاه فضایی.

مدارگرد شاتل

گیره‌های پا سبب می‌شدند فضانوردان حین کار صاف بایستند.

آزمایشگاه فضایی

سازمان فضایی اروپا آزمایشگاهی فضایی به نام اسپیس لَب طراحی کرد تا سوار بر شاتل فضایی به مدار برود. این آزمایشگاه، که در محفظه‌ی بار شاتل قرار می‌گرفت، شامل بخشی با فشار هوای تنظیم شده بود که فضانوردان در آن، آزمایش‌های ریزگرانش انجام می‌دادند. سه آزمایشگاه یا بخش خارجی نیز بدون فشار هوای تنظیم شده وجود داشت. از این آزمایشگاه‌ها برای آزمایش‌هایی که باید در فضا انجام می‌شد، استفاده می‌کردند. بعضی وقت‌ها اسپیس لَب مدول‌های با فشار تنظیم شده، گاهی بخش‌های خارجی و گاهی ترکیبی از هر دو را شامل می‌شد و شاتل آن را حمل می‌کرد. نخستین بار اسپیس لَب در سال ۱۹۸۳ پرتاب شد و آخرین مأموریت آن در سال ۱۹۹۷ بود.

سه گروه فضانورد بین مه ۱۹۷۳ و فوریه‌ی سال ۱۹۷۴ در ایستگاه فضایی اِسکای لب کار می‌کردند.



اِسکای لَب

اِسکای لَب، نخستین ایستگاه فضایی ایالات متحده، در سال ۱۹۷۳ به مدار رفت (نخستین ایستگاه فضایی دنیا ایستگاه روسی سالیوت ـ ۱ بود که در سال ۱۹۷۱ به مدار رفت). در این ایستگاه وضعیت بدن انسان در صورت اقامت طولانی در فضا بررسی شد. دانشمندان طرح اِسکای لَب مطالب بسیاری درباره‌ی شراره‌های خورشیدی آموختند که فوران‌های عظیم ماده و انرژی از خورشیدند که بر فضای اطراف زمین تأثیر می‌گذارد.

ایستگاه میر

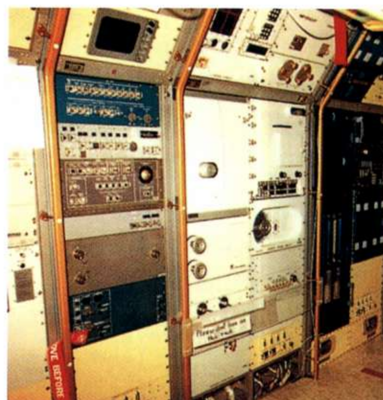


اخترشناسی در میر

ایستگاه فضایی میر مدولی به نام کُوانْت ـ ۱ داشت که مخصوص بررسی کهکشان‌ها، اختروش‌ها و ستاره‌های نوترونی بود. طول این مدول حدود ۶ و عرض آن ۴ متر بود. یکی از تلسکوپ‌های سوار بر آن به رصد اجرام تابش‌کننده‌ی امواج فرابنفش در آسمان مشغول بود و تلسکوپ دیگر تابش‌های پرتو ایکس را آشکار می‌کرد. با این تلسکوپ‌ها می‌شد مدتی طولانی، بدون آن‌که کارهای دیگر در میر تحت‌تأثیر قرار بگیرد، رصد کرد.

زیست‌رَف و انسان‌رَف

آزمایشگاه فضایی اسپیس لَب در چند مأموریت، حامل زیست‌رَف، شامل گرمْ‌خانه‌هایی برای نگه‌داری صدها نمونه سلول و موجودات زنده‌ی ریز بود. دانشمندان به بررسی اثر ریزگرانش بر رشد و رفتار آن‌ها می‌پرداختند. رف دیگری، به نام انسان‌رَف، شامل تجهیزاتی برای بررسی اثر ریزگرانش بر بدن انسان بود.



واحد آزمایشات بیورَک در اسپیس لَب

آزمایش ریزگرانش

• دانشمندان روسی به بررسی وضعیت قلب و ریه‌ها در اقامت بلندمدت در فضا پرداختند و در پی آن بودند که دریابند آیا آهنگ انجام شدن فرآیندهایی مانند عمل گوارش در بدن تغییر می‌کند یا خیر.

• فضانوردان میر، دانه‌های گندم را در فضا پرورش دادند تا دریابند آن‌ها در شرایط ریزگرانش چگونه رشد می‌کنند.

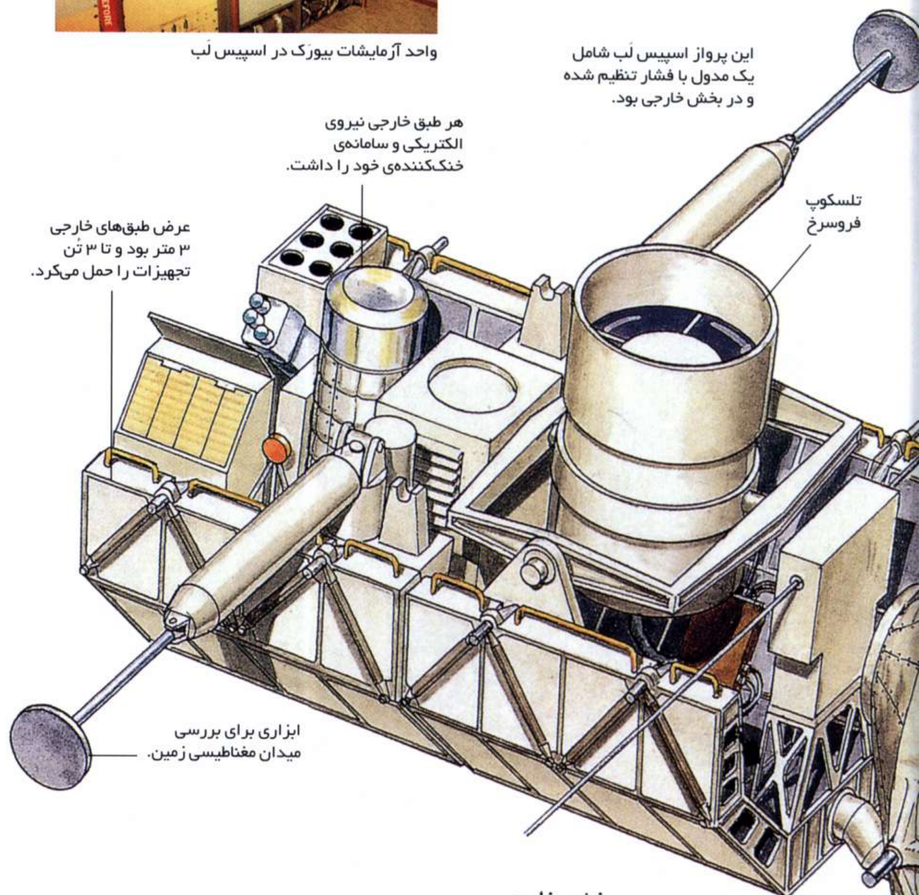
• آزمایش احتراق در وضعیت ریزگرانش، اطلاعاتی در اختیار دانشمندان روسی و آمریکایی گذاشت که به طراحی موتورهای جت کمک خواهد کرد.

• آزمایش‌های رشد بلور در میر و اسکای لَب به محققان امکان داد راه‌های موثرتری را برای تولید نیمه‌رساناها برای رایانه‌ها امتحان کنند.



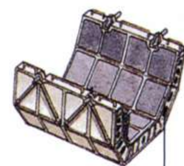
آزمایشگاه بین‌المللی ریزگرانش

در آزمایشگاه فضایی اسپیس لَب، دو مأموریت طرح آزمایشگاه بین‌المللی ریزگرانش انجام شد. دانشمندانی در سراسر دنیا آزمایش‌هایش را برای وضعیت ریزگرانش طراحی کردند و فضانوردان شاتل و اسپیس لَب آن‌ها را انجام دادند. این پروژه‌ها شامل کشف اثر ریزگرانش بر دستگاه عصبی انسان و بر رشد تخم میگو، جوانه‌ی عدس و باکتری بود. نتایج جهت تحلیل، برای دانشمندان روی زمین ارسال شد.



بخش خارجی

برخی ابزارها، مانند تلسکوپ‌ها، برای رصد زمین یا تابش‌هایی در فضا باید خارج از آزمایشگاه قرار می‌گرفتند. این ابزارها را در طبق‌های خارجی جای می‌دادند. تجهیزات هدایت این ابزارها عموماً درون مدول‌های با فشار تنظیم شده قرار می‌گرفتند. وقتی آزمایشگاه فضایی فقط به صورت طبق بیرونی فرستاده می‌شد، این ابزارها را درون محفظه‌ای استوانه‌ای شکل در جلو نخستین طبق قرار می‌دادند.



طبق خارجی تک

ایستگاه‌های فضایی		
نام	ملیت	سال پرتاب
سالیوت - ۱	اتحاد جماهیر شوروی	۱۹۷۱
اسکای لَب	ایالات متحده‌ی آمریکا	۱۹۷۳
اسپیس لَب (آزمایشگاه همراه شاتل)	اروپا	۱۹۸۳
میر	روسیه	۱۹۸۶
ایستگاه فضایی بین‌المللی	بین‌المللی	۱۹۹۸

شنون لوسید، فضانورد آمریکایی، در حال کار در میر



زیست‌شناسی در وضعیت ریزگرانش

زیست‌شناسان مایل‌اند بدانند که چه چیزی بر روش رشد تخمک‌های بارور شده اثر می‌گذارند. در سال ۱۹۹۶، شَنون لوسید، فضانورد ناسا در میر، تخمک‌هایی را داخل گرم‌خانه‌ی میر قرار داد و هر روز آن‌هایی را که رشدشان متوقف شده بود، خارج می‌کرد. این تخمک‌ها با تخمک‌هایی در مرحله‌ی مشابه رشد روی زمین، مقایسه می‌شدند. تخمک‌ها در میر نابهنجاری‌های بیش‌تری داشتند که شاید به سبب تابش‌های محیط فضا بود و نه بی‌وزنی.

بیش‌تر بدانیم

شاتل فضایی ۷۴
زندگی در فضا ۷۸
ایستگاه فضایی بین‌المللی ۸۲

ایستگاه فضایی بین‌المللی

ایالات متحده‌ی آمریکا و روسیه نخستین قطعات ایستگاه فضایی بین‌المللی (ISS) را در سال ۱۹۹۸ به مدار فرستادند. برزیل، کانادا، سازمان فضایی اروپا و ژاپن نیز بخش‌هایی از ایستگاه را اهدا کردند. برنامه چنین بود که تا سال ۲۰۰۴، ایستگاه کامل شود؛ اما به سبب بودجه‌ی عظیم مورد نیاز برای ساخت ایستگاه (بیش از ۷۰ میلیارد دلار) و توقف پروازهای شاتل (به دلیل حادثه‌ی کلمبیا) تا تابستان ۲۰۰۵ کار تکمیل ایستگاه فضایی به تعویق افتاد. وقتی ISS در دهه‌ی ۲۰۱۰ میلادی تکمیل شود، طول بال‌هایش به ۱۱۰ متر، طول ایستگاه به ۸۰ متر و وزنش به حدود ۵۰۰ تُن می‌رسد. ایستگاه فضایی بین‌المللی همواره میزبان عده‌ای فضانورد موقت است. سه فضانورد نخستین بار در ژانویه‌ی سال ۲۰۰۰ به این ایستگاه سفر کردند. فضانوردانی از بسیاری از کشورها برنامه‌ی گسترده‌ای از انواع تحقیقات را در این ایستگاه انجام داده‌اند.

بخش‌های ایستگاه

ایستگاه فضایی بین‌المللی تکمیل شده، از بیش از ۱۰۰ بخش تشکیل می‌شود. بزرگ‌ترین بخش‌ها گره‌های اتصال، صفحه‌های خورشیدی، مدول سکونت، مدول بدون فشار تنظیم شده (بدون هوای مناسب) و دو آزمایشگاه، ساخته‌ی ایالات متحده، است. مدول مرکزی شامل اقامت‌گاه‌هایی برای چند سال ابتدایی است و روسیه آن را ساخته است. کانادا بازوی خودکار ایستگاه را ساخته است. دو گره اتصالی دیگر از اروپا آمده‌اند. بیش‌تر سازمان‌های فضایی مشارکت‌کننده، در حمل و نقل تجهیزات به ایستگاه نیز کمک می‌کنند.



ایستگاه فضایی بین‌المللی

ایستگاه فضایی بین‌المللی یکی از درخشان‌ترین اجسام در آسمان شب است که گاهی به درخشش سیاره‌ی زهره می‌رسد (دومین جرم پُرنور آسمان شب پس از ماه).

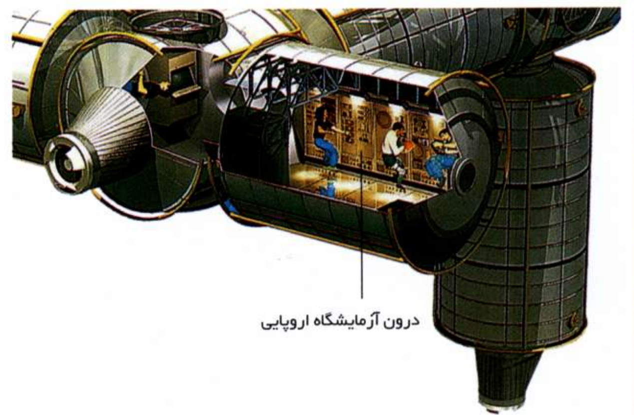
وقتی ایستگاه فضایی بین‌المللی تکمیل شود، به اندازه‌ی یک زمین فوتبال خواهد شد.

صفحه‌های خورشیدی برای تأمین توان الکتریکی مورد نیاز ایستگاه، انرژی خورشید را به برق تبدیل می‌کنند.

آزمایشگاه‌ها

ایستگاه فضایی بین‌المللی، مجموعه‌ای تحقیقاتی همراه با آزمایشگاه‌هایی است که ایالات متحده، روسیه، اروپا و ژاپن آن‌ها را مجهز کرده‌اند. دانشمندان در این آزمایشگاه‌ها مواد و سیالات را در وضعیت بی‌وزنی (ریزگرانش) بررسی می‌کنند. به‌علاوه، پیش‌رفت فن‌آوری و علوم زیستی را نیز زیر نظر می‌گیرند. ژاپن در حال تدارک سکویی خارجی است تا آزمایش‌هایی انجام دهد که باید به مدت طولانی در محیط فضا انجام شوند.

آزمایشگاه اروپایی

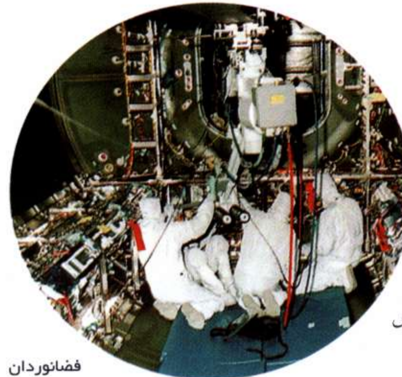


درون آزمایشگاه اروپایی

ترکیب سخت‌افزاری

فرآیند کنار هم‌آوردن تجهیزات برای یک ایستگاه فضایی را ترکیب سخت‌افزاری می‌نامند. بسیاری از خدمات نظیر کابل‌کشی برقی، که مدول‌های گوناگون ایستگاه لازم داشتند، زمانی که مدول‌ها هنوز روی زمین بودند به دست مهندسان نصب شدند. رف‌های آزمایشگاهی و دیگر تجهیزات علمی برای آزمایشگاه‌ها در مدار نصب شدند. یکی از بخش‌های بسیار مهم ساخته‌شده‌ی روی زمین، که شاتل فضایی با خود به مدار برد، دستگاه تغذیه‌ی الکتریکی بود. مدیر گروه سازنده‌ی این ابزار، شهریار صقری، مهندس برق ایرانی همکار ناسا بود.

مونتاژ سخت‌افزاری در مرکز پروازهای فضایی مارشال در آلاباما.



سکونت‌گاه

با آن‌که ارسال مدول ۸ متری سکونت‌گاه به ایستگاه فضایی، به سبب مشکلات گوناگون لغو شد، با تکمیل بخش‌های دیگر ایستگاه ظرفیت آن به بیش از سه نفر خواهد رسید. ایستگاه با جایگاهی برای خواب، دست‌شویی، آشپزخانه، حمام و تجهیزات پزشکی (که برخی از آن‌ها اکنون نیز برای استفاده ۳ نفر وجود دارد) اقامت‌گاه مناسبی در فضا خواهد بود.

سالن ورزش ایستگاه

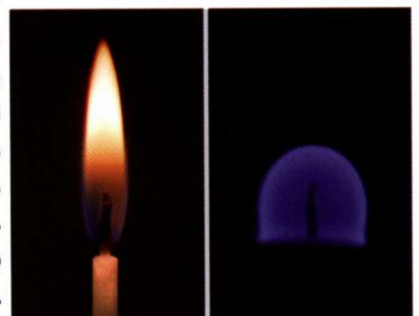
فضانوردان دور میز در حال استراحت‌اند.



طبقه‌ی بالا

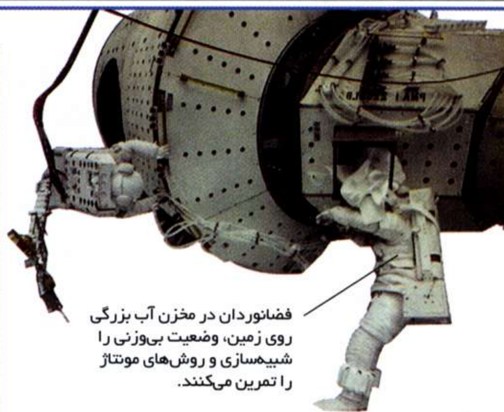
تحقیقات در ISS

دانشمندان مایل‌اند از وضعیت ریزگرانش در ISS برای بررسی چگونگی تأثیر گرانش بر بسیاری از فرآیندها استفاده کنند. شکل شعله‌ای در فضا مثال خوبی از تأثیر وضعیت ریزگرانش است. شعله‌ی تصویر سمت راست در مقایسه با تصویر شعله‌ی روی زمین غیرعادی به نظر می‌رسد؛ زیرا بی‌وزنی موجب کاهش جریان‌های هم‌رفتی، (جریان‌هایی که سبب بالا رفتن هوای گرم و پایین آمدن هوای سرد می‌شوند،) شده است.



سرهم کردن ایستگاه فضایی

برای سرهم کردن قطعات ایستگاه فضایی، شاتل فضایی و دو نوع موشک پروتون، ۴۵ پرواز انجام خواند داد. ابتدا تجهیزات خودکار، بخش‌های متفاوت را به هم متصل می‌کنند و سپس فضانوردان با دست، تنظیمات نهایی را انجام می‌دهند. طی سال‌های انجام شدن عملیات مونتاژ، فضانوردان جمعاً ۸۵۰ ساعت راه‌پیمایی فضایی انجام می‌دهند. دوربینی که از راه دور هدایت می‌شود، اطراف ایستگاه پرسه می‌زند و به دنبال ایرادهایی در مونتاژ می‌گردد.



فضانوردان در مخزن آب بزرگی روی زمین، وضعیت بی‌وزنی را شبیه‌سازی و روش‌های مونتاژ را تمرین می‌کنند.

نخستین مراحل مونتاژ		
نام بخش / مرحله	**هدف**	**سال پرتاب**
زاریا	هدایت ایستگاه، منبع ابتدایی مواد پیش‌ران / نیرو	۱۹۹۸
یونیتی	گره‌ای اتصال زاریا به ISS	۱۹۹۸
هسته‌ی روسی	اقامت‌گاه‌ها، هدایت	۱۹۹۹
تراس	سازه‌ی خارجی	۱۹۹۹
صفحه‌های خورشیدی	تولیدکننده‌ی انرژی	۱۹۹۹
نخستین خدمه	آغاز اقامت موقت انسان در ISS	۲۰۰۰
آزمایشگاه	تحقیقات	۲۰۰۰
بازوی خودکار	کمک به سرهم کردن ایستگاه	۲۰۰۰
دریچه‌ی خروجی (AI-LOCK)	راه‌پیمایی فضایی را بدون نیاز به شاتل فضایی امکان‌پذیر می‌کند	۲۰۰۰

طرحی از ایستگاه فضایی کامل شده. اتاق‌های کار و سکونت در ایستگاه، به اندازه‌ی فضای مسافران در دو هواپیمای بوئینگ ۷۴۷ است.

صفحه‌های حرارتی با بازتاب نور خورشید بر بخش‌های گوناگون ایستگاه، به تعدیل تفاوت دمای شدید بخش‌های در سایه و در نور می‌پردازند.

مساحت صفحه‌های خورشیدی ایستگاه فضایی کامل شده ۴هزار متر مربع است.

توان الکتریکی ایستگاه فضایی بین‌المللی، که صرف تحقیقات می‌شود، ۶۰ برابر میر است.

بخش تراس مانند اسکلت ISS عمل می‌کند.

سکوی خارجی آزمایش‌ها، متعلق به ژاپنی‌ها، به ایستگاه متصل شده است.

آزمایشگاه اروپایی

آزمایشگاه آمریکایی تحقیقات عمومی

فضاپیماهای حامل تجهیزات به ISS متصل می‌شوند.

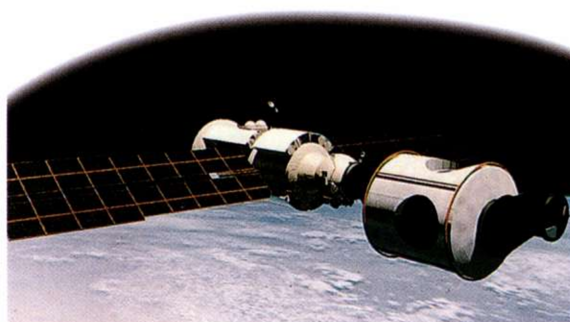
لباس فضانوردی

ناسا لباس‌های فضانوردی پیشین خود را برای استفاده در راه‌پیمایی‌های فضایی سرنشینان ایستگاه فضایی اصلاح کرد. لباس‌های فضانوردی خدمه‌ی شاتل فضایی معمولاً بین پروازها تعمیر می‌شود و برای استفاده‌ی فضانورد بعدی تغییراتی پیدا می‌کند. البته لباس فضایی ایستگاه درون خود ISS برای اندازه‌های متفاوت تنظیم می‌شود. این لباس‌ها، پیش از این‌که برای تعمیر به زمین بازگردند، در ۲۵ راه‌پیمایی فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.



گره‌های ایستگاه فضایی

وقتی ایستگاه فضایی بین‌المللی کامل شود، سه گره یا بخش اتصال‌دهنده خواهد داشت که نقاط لنگرانداختن هستند و بخش‌های متفاوت ایستگاه فضایی را به هم متصل می‌کنند. نخستین گره، یونیتی ۱، در سال ۱۹۹۸ پرتاب شد. این گره شامل ۲۱۶ خط انتقال مایعات و گازها به مدول‌های گوناگون و ۱۲۱ کابل برق است.



بیش‌تر بدانیم

پرتاب‌گرهای فضایی ۴۸
زندگی در فضا ۷۸
شاتل فضایی ۷۴
علم در فضا ۸۰

فضاپیماهای مداری آینده

رفتن به فضا پُرهزینه است. معمولاً برای هر یک کیلوگرم باری که حمل می‌شود، بیش از ۲۰هزار دلار (حدود ۲۰میلیون تومان) هزینه می‌شود. وقتی از یک موشک چندمرحله‌ای برای رسیدن به مدار استفاده می‌شود، سرمایه‌ی عظیمی به هدر می‌رود؛ زیرا بخش بزرگی از فضاپیما عملاً از بین می‌رود. یکی از راه‌های کاهش هزینه، استفاده از فضاپیماهایی است که طی یک مرحله به مدار می‌رسند. به این فضاپیماها SSTO یا فضاپیمای تک‌مرحله‌ای می‌گویند. با آن‌که چنین طرحی هنوز عملی نشده است، فن‌آوری‌های جدیدی مانند مواد سبک و مقاوم و موتورهایی با طراحی جدید، فضاپیمای تک‌مرحله‌ای را به واقعیت تبدیل خواهند کرد. طرح فضاپیماهای ۳۳ ـ X و ۳۴ ـ X در سال‌های اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰ آزمایش‌های بسیاری را از سرگذراند؛ اما طراحان ناسا به سبب مشکلاتی در سوخت آن‌ها و کمبود بودجه‌ی لازم، این طرح را در سال ۲۰۰۱ لغو کردند. با وجود این، طرح‌های مشابهی در ایالات متحده، اروپا و ژاپن بر این پایه آغاز شده است.

ستاره‌ی ماجراجو (X-۳۳)

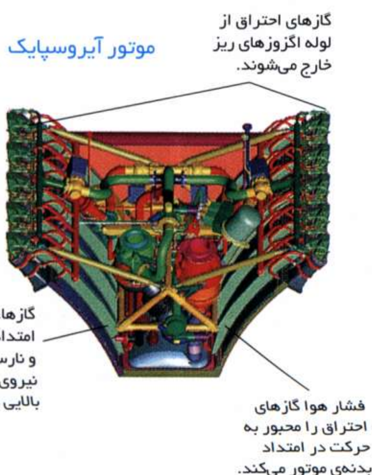
شکل مبتکرانه‌ی گُوِه‌مانند به طرح ستاره‌ی ماجراجوی ناسا، ۳۳ ـ X، ظاهری متفاوت بخشیده است. اما به پرواز آن نیز کمک می‌کند. این فضاپیما به صورت عمودی از روی زمین بلند می‌شود. ولی در ضمن فرود، مانند هواپیما، سُر می‌خورد و به زمین می‌نشیند. این طرح، که در سال ۲۰۰۱ لغو شد، نمونه‌ای ابتدایی از فضاپیمای SSTO بود. مشکل اصلی در فضاپیماهای تک‌مرحله‌ای، گنجایش کم برای ساخت و نیاز به کاهش وزن است. فقط ۱۰درصد وزن فضاپیما باید مربوط به خود آن باشد و ۹۰درصد دیگر وزن سوخت است. در غیر این‌صورت باید مانند موشک‌های چندمرحله‌ای، مخزن‌های خالی شده و تکه‌های اضافه در راه از آن جدا شوند یا مثل شاتل با موشک‌های جانبی و جداشونده‌ای بالا برود.

بال‌های کوتاه

طرح‌هایی مانند ستاره‌ی ماجراجو به گونه‌ای طراحی شده‌اند که به سرعت‌های ۱۳ تا ۱۵ ماخ برسند.

VentureStar™

موتور آیروسپایک



کلیپر گراهام (DC-XA)

کلیپر گراهام آزمایشی برای فن‌آوری فضاپیماهای آینده بود. این فضاپیما از مواد ترکیبی (کامپوزیت) سبک و پیش‌رفته ساخته شده بود و در برابر دماها و فشارهایی، که یک فضاپیمای SSTO با آن مواجه می‌شود، مقاومت می‌کرد. این فضاپیما در سال ۱۹۹۶، پس از چهار پرواز، بر اثر تصادفی از بین رفت. این طرح با نام جدید BLUE ORIGIN (منشأ آبی) ادامه می‌یابد و طراحان امیدوارند به مبنایی برای مَه‌نشین و مریخ‌نشین‌های سرنشین‌دار آینده تبدیل شود.



کلیپر گراهام (DC-XA)

پرواز آزمایشی ۳۴ ـ X

X-34

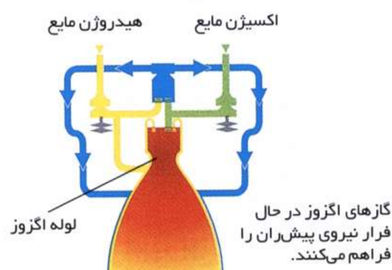
فن‌آوری ۳۴ ـ X پُلی بین DC-XA و ستاره‌ی ماجراجو (۳۳ ـ X) است.

۳۴ ـ X با چرخ فرود می‌آید.

طرح X-۳۴

در سال ۱۹۹۹، ۳۴ـ X شروع به آزمایش مواد سبک، حفاظت حرارتی و سامانه‌های فرود لازم برای فضاپیمای SSTO کرد. این موشک، در مقایسه با ستاره‌ی ماجراجو (۳۳ـ X)، کوچک است و طوری طراحی شده که در هوا از زیر یک هواپیما به مدار پرتاب شود. ۲۷ پرواز آزمایشی برای آن برنامه‌ریزی شده بود تا سرعت ۸ برابر سرعت صوت (۸ ماخ) نیز آزمایش شود اما این طرح نیز در سال ۲۰۰۱ لغو و تمام اطلاعات آن بایگانی شد تا در آینده، در اختیار طراحان دیگری قرار بگیرد.

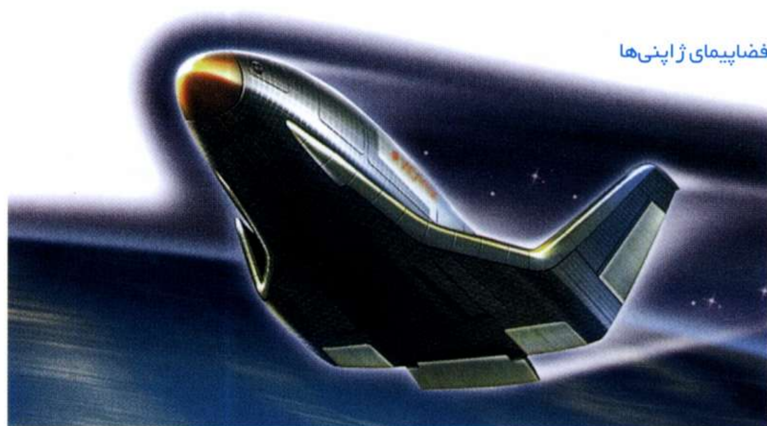
طرح رایج موتور موشک



امید ژاپنی

مهندسان ژاپنی هواپیمای مداری H-II (HOPE) به معنی امید را برای حمل تجهیزات به ایستگاه فضایی بین‌المللی و بازگرداندن بار به زمین طراحی کردند. نخستین پرواز آزمایشی آن در سال ۱۹۹۹ انجام شد و این طرح با نام HTV دنبال می‌شود. ژاپن طرحی به نام کانکومارو (KANKOH-MARU) را نیز پیش می‌برد که موشکی مخروطی‌شکل برای رساندن فضانوردان و گردشگران فضایی به مدارهای پایین است.

فضاپیمای ژاپنی‌ها



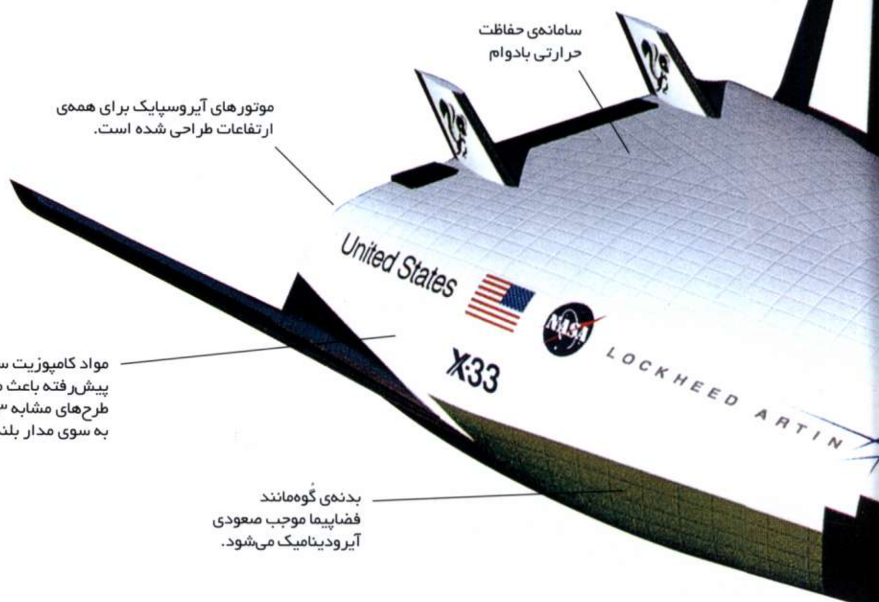
پیش‌رفت‌های تاریخی

• در سال ۱۹۴۴، اویگن زانگر (۱۹۶۴-۱۹۰۵) پیشنهاد فضاپیمایی را مطرح کرد که با موشک به سوی مدار پرتاب شود و سپس مانند هواپیما روی زمین فرود آید.

• نخستین فضاپیمای طرح آینده‌ی ایالات متحده که آزمایش شد، X-۱۵ بود. این فضاپیما از سال ۱۹۵۹ تا ۱۹۶۸، ۹۹ بار پرواز کرد و به سرعت ۶/۷ ماخ رسید.

• درس‌هایی که مهندسان ناسا از X-۱۵ و برنامه‌های دایناسور (X-۲۰A) نیروی هوایی ایالات متحده آموختند، به آن‌ها کمک کرد در دهه‌ی ۱۹۷۰ شاتل فضایی را طراحی کنند.

• در سال ۲۰۰۴، فضاپیمای خصوصی فضاناو ۱ (SPACE SHIP 1) چند پرواز با یک سرنشین به مدارهای حدود ۱۰۰ کیلومتری زمین انجام داد و آغازکننده‌ی پروازهای موفقیت‌آمیز فضاپیماهای خصوصی و تجاری به فضا شد.



روتون

یکی از پیشنهادهای عالی برای سبک کردن کافی موشک‌ها برای پرتاب فضاپیمای تک‌مرحله‌ای، طراحی آن بدون تجهیزات سنگین پمپ مواد پیش‌ران به داخل موتور است. در طرح موشک روتون (ROTON) دستگاهی روی سکوی پرتاب، موتورهای آن را با چنان دوری می‌چرخاند که مواد پیش‌ران به داخل اتاقک‌های احتراق کشیده می‌شوند. دور موتور کماکان تا لایه‌های بالایی جوّ چنان قوی است که احتراق ادامه می‌یابد. همچنین برای حفظ ثبات حین ورود به جوّ و برای فرودی آرام، پره‌هایی مانند پره‌های هلی‌کوپتر، باز می‌شوند. با وجود موفقیت پروازهای آزمایشی روتون، این طرح به سبب کمبود بودجه در سال ۲۰۰۰ متوقف شد. اما فن‌آوری آن احتمالاً ادامه می‌یابد.



فضاپیمای SSTO پره‌دار پیشنهادی

کارآیی فضاپیماها

بیش‌تر وقت‌ها، کارآیی موتورهای موشک قدیمی مطلوب نیست. یکی از دلایل این است که شکل لوله‌ی اگزوز، که گازهای اضافی را از موتور خارج می‌کند، تغییری نمی‌کند. در موتورهای رایج، قیف اگزوز چنان بزرگ و البته سنگین است که سبب خروج شدید و پُرفشار گازهای احتراق و تولید نیروی پیش‌ران شود. اما در سطح زمین و لایه‌های پایین، وزن این بخش و مقاومت فشار هوا در برابر گاز خروجی، ۲۵ تا ۳۰درصد از بازده مطلوب می‌کاهد. این نوع قیف بزرگ برای ارتفاعات بالا در وزن و فشار کم مناسب است. در موتورهای آیرواسپایک (هواسوزنی) قیف بزرگ وجود ندارد. موتور سبک‌تر و کوچک‌تر و گوه‌مانند است. مجموعه‌ای اگزوز ریز (سوزنی) در بالای گُوه‌ی موتور، گاز احتراق را بیرون می‌دهند. این گاز به سبب فشار هوا، در امتداد دیواره‌ی منحنی موتور حرکت می‌کند. دیواره‌ی موتور از یک سو و فشار هوا از سوی دیگر، قیف فرضی اگزوز را برای موتور فراهم می‌آورند. در کنار بازده مطلوب این موتور، مشکلاتی مانند گرمای بیش از حدّی که به آن وارد می‌شود و نیاز به سردکننده‌ی قوی، وجود دارد.

پرواز آزمایشی موتور آیروسپایک



بیش‌تر بدانیم

پرتاب‌گرهای فضایی ۴۸
ایستگاه فضایی بین‌المللی ۸۲
شاتل فضایی ۷۴
سفر میان‌سیاره‌ای ۸۸

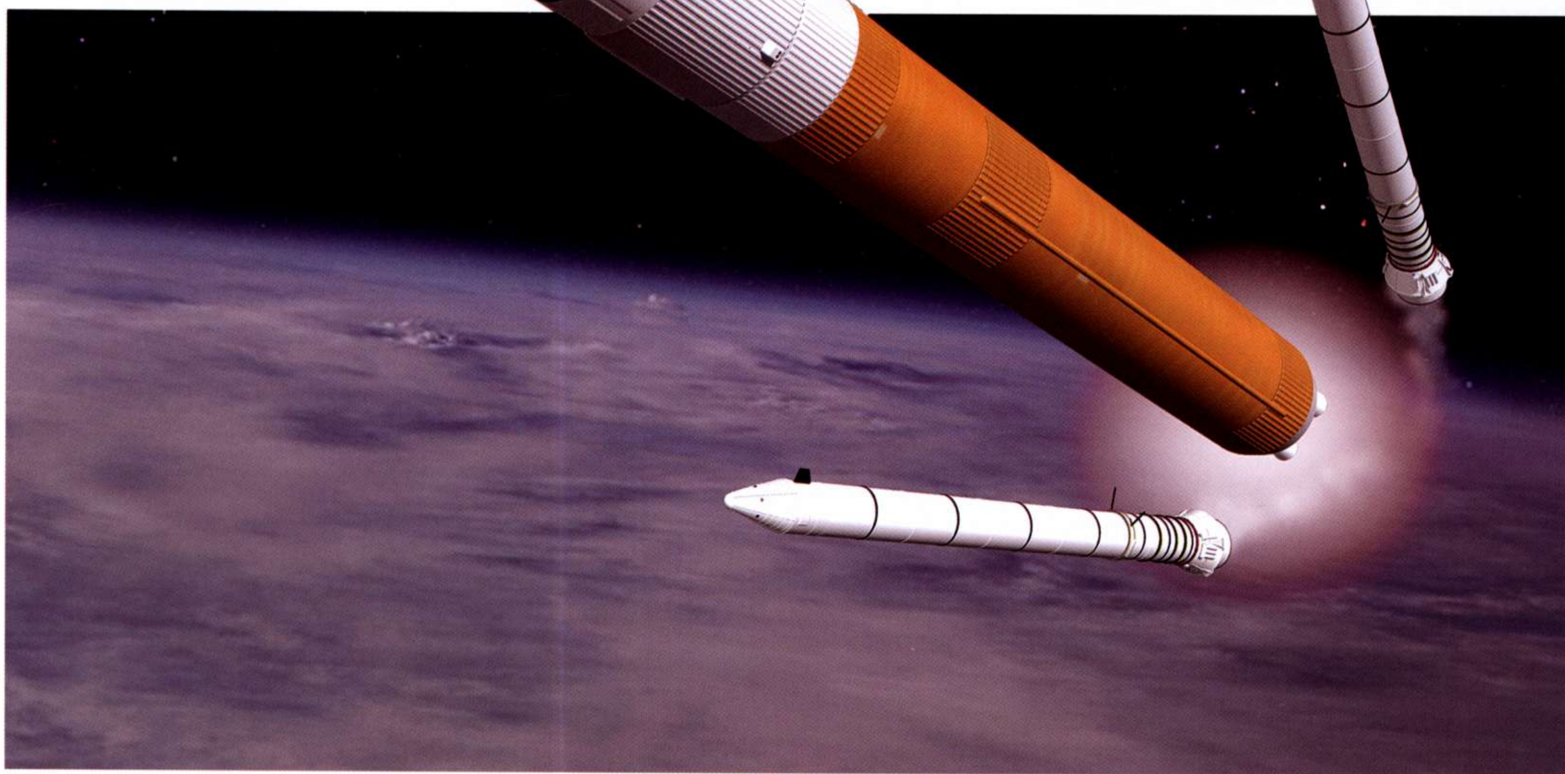
نسل جدید موشک‌های چند مرحله‌ای



با آن‌که فضاپیماهای تک‌مرحله‌ای، آینده‌ی سفرهای فضایی را رقم می‌زنند، طرح‌های نو و آزمون و خطاهای مورد نیاز، آن‌چنان پُرهزینه است که فعلاً بسیاری از سازمان‌های فضایی راه اقتصادی سفرهای مداری کم‌هزینه‌تر را برگزیده‌اند: تولید انبوه پرتاب‌گرهای چندمرحله‌ای برای کاهش هزینه‌ی ساخت که اغلب بخش‌های آن‌ها یک‌بار مصرف است. تکه‌ها در مسیر صعود جدا می‌شوند و در اقیانوس سقوط می‌کنند. ناسا و سازمان فضایی اروپا نیز پرتاب‌گرهای چندمرحله‌ای جدیدی را طراحی کرده‌اند که محموله و خدمه را به ایستگاه فضایی و در آینده به ماه برساند.

جانشین شاتل فضایی

آرِس (ARES) طرح ناسا برای جای‌گزینی شاتل فضایی است. موشک آرِس ۱، که در دهه‌ی ۲۰۱۰ میلادی آماده می‌شود، خدمه را داخل فضاپیمای کوچک اوریون در رأس موشک به مدار می‌رساند. این فضاپیما، که طرح آن نخست با نام CEV مطرح شد، در دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی برای سفرهای سرنشین‌دار ناسا به ماه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. موشک غول‌پیکر آرِس ۵ (به طول ۱۰۹ متر) نیز در دهه‌ی آینده‌ی میلادی فضاپیمای باربری به ایستگاه فضایی است. این موشک می‌تواند تا ۱۸۸ تن بار به مدارهای پایین و ۷۱ تن بار به ماه ببرد. ظرفیت حمل بار این موشک تا ۶ بار بیش‌تر از فضاپیماهای باربر امروز است. هم‌چنین فضاپیمای نقل و انتقال خودکار یا ATV طرح سازمان فضایی اروپا برای رساندن محموله به ایستگاه فضایی و جای‌گزین کپسول‌های کوچک و قدیمی پروگرس روسیه است. این فضاپیماهای بی‌سرنشین، سوار بر موشک‌های آریان ۵ به مدار می‌روند. نخستین پرواز این طرح، که ژول ورن نام گرفته است، در مارس سال ۲۰۰۸ انجام شد. ژاپن نیز وسیله‌ی مشابه پیش‌رفته‌تری به نام HTV طراحی می‌کند و سازمان‌های دیگری نیز در حال طراحی وسایل حمل و نقل بازرگانی و گردش‌گری به ایستگاه فضایی هستند.



طرحی گرافیکی از خروج موشک عظیم آرس ۵ از جوّ زمین که در دهه‌ی ۲۰۱۰ میلادی انجام می‌شود.



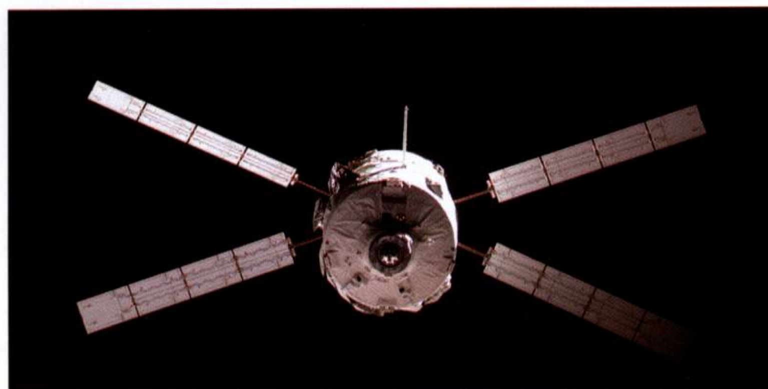
طرح‌هایی مانند فضاناو یک شامل فضاپیمایی بسیار کوچک و سبک است که سوار بر هواپیمایی کوچک به ارتفاعات بالای جوّ می‌رود و از آن‌جا به مرزهای فضا در ارتفاع بالای صد کیلومتری زمین نفوذ می‌کند. این طرح‌ها راهی برای سفرهای کم‌هزینه و کوتاه مدت گردش‌گران فضایی به مدار زمین است.

گردش‌گری فضایی

زمانی که سفر به فضا به حدّ کافی آسان و کم‌هزینه شود، بسیاری که رؤیای چنین سفری را همیشه در ذهن می‌پرورانند، سوار بر فضاپیماهای تجاری به ورای جوّ زمین می‌روند. سفرهای غیر تخصصی به فضا با چند سفر کوتاه در دوره‌ی ایستگاه فضایی میر شروع شد. سپس در سال ۲۰۰۱، نخستین گردش‌گر فضایی، دنیس تیتو، با پرداخت ۲۰میلیون دلار حدود یک هفته در ایستگاه فضایی بود. چهارمین گردشگر فضایی، انوشه انصاری (ایرانی مقیم ایالات متحده)، علاوه بر تحقق رؤیای خود برای سفر به فضا، به توسعه‌ی صنعت گردش‌گری فضایی پرداخت. علاوه بر برنامه‌ریزی برای ساخت بندرگاه‌های فضایی خصوصی، او و خانواده‌ی انصاری، جایزه‌ی بزرگ انصاری ایکس پرایز را بنیان گذاشتند که انگیزه‌ای قوی برای رشد پروازهای فضایی خصوصی شد. در سال ۲۰۰۴، این جایزه به پرواز فضاپیمای ابتکاری به نام فضاناو ۱ (SPACE SHIP 1) تعلق گرفت که گروه سازنده توانستند فضاپیمایی تک‌سرنشین را با باری به وزن سه نفر، طی ۲ هفته دوبار به ارتفاع ۱۰۰ کیلومتری ببرند. این فضاپیمای هواپیمامانند، به کمک هواپیمایی به نام شوالیه‌ی سفید تا ارتفاع بلندی می‌رفت و سپس به سوی فضا رها می‌شد. پس از چند پرواز زیرمداری تا ارتفاع ۱۱۲ کیلومتری، «فضاناو ۱» در موزه جای گرفت و اکنون طراحان آن فضاناو دیگری می‌سازند تا ۵ فروند از آن‌ها در دهه‌ی آینده‌ی میلادی سفرهای چند دقیقه‌ای تا چند ساعته‌ی گردش‌گران را به ارتفاعات زیرمداری امکان‌پذیر سازند. این طراحان، طرح فضاپیماهای زیرمداری و موشک‌مانند فالکون (FALCON) را نیز پیش می‌برند. در رقابت بزرگ شرکت‌های خصوصی برای سفر به فضا، شرکت‌های هتل‌داری بزرگ، مانند هیلتون و بایگلو نیز، در فکر ساخت هتل‌هایی در مدارند. بایگلو مدارگرهای ابتدایی بادشونده‌ای به نام جِنِسیس به مدار می‌فرستد تا احتمالاً در دهه‌ی آینده‌ی میلادی، نمونه‌ی واقعی این هتل‌های کوچک فضایی آماده شود. با چنین توسعه‌ای، در دهه‌ی آینده هزینه‌های میلیون دلاری گردش در فضا برای بسیاری به رقمی قابل پرداخت تبدیل خواهد شد. در سال‌های بسیار دورتر، ایستگاه‌های فضایی تجاری بزرگ میزبان فضاگردان خواهند بود. نمونه‌ی آن طرح هتلی در مدار ۱۲۰۰ کیلومتری است که با ساختار بندمانندی به طول حدود هزار کیلومتر به بندرگاه فضایی در مدار ۲۵۰ کیلومتری متصل است. فضاگردان پس از سفر به این بندرگاه، از طریق آسانسور فضایی درون بند اتصال به هتل «پُرستاره»ی خود می‌رسند.



طرح خیالی از هتل‌های فضایی آینده در مدار زمین



نخستین پرواز فضاپیمای باربری ATV اروپا که به نام ژول ورن نام‌گذاری شد (سال ۲۰۰۸ میلادی). این تصویر را فضانوردان ایستگاه فضایی در حین رسیدن ژول ورن گرفته‌اند.

سفر میانْ سیاره‌ای

در مقایسه با مدارهای اطراف زمین، سیاره‌ها بسیار دورند. فضاپیمایی که با سرعت ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت (سرعت عادی خودرویی در بزرگراه‌های شهری) حرکت کند تا مریخ ۶۰ سال در راه خواهد بود. خوش‌بختانه موشک‌ها بسیار سریع‌تر از این حرکت می‌کنند. کاوش‌گرهای وُیجِر با سرعت ۵۲هزار کیلومتر بر ساعت زمین را ترک کردند. اما حتی با این سرعت‌ها هم سفر به سیاره‌ها، ماه‌ها یا سال‌ها طول می‌کشد. در نتیجه، با آن‌که کاوش‌گرهای بی‌سرنشین به سراسر منظومه سفر کرده‌اند، انسان فقط تا ماه پیش رفته است. دانشمندان علوم فضایی از کاوش‌گرهای امروزی برای آزمایش فناوری‌های ضروری جهت سفرهای میانْ سیاره‌ای آینده استفاده می‌کنند. آن‌ها چگونگی پرورش دادن دانه‌های گیاهی در فضا و زندگی طولانی با منابع محدود را نیز بررسی می‌کنند. این کار به خودکفا شدن مسافران میان‌سیاره‌ای کمک می‌کند. چیزی که برای سپری کردن چند سال در فضا لازم است.

دیپ اسپیس ۱

دستگاه جهت‌یابی خودکار فضاپیمای دیپ اسپیس - ۱ را تا فاصله‌ی کمتر از ۱۰ کیلومتری سیارک KD ۱۹۹۲ هدایت کرد.

دیپ اسپیس - ۱ یکی از نزدیک‌ترین گذرها از کنار یک جسم فضایی را انجام داد.

دیپ اسپیس - ۱ برای رسیدن به سیارک هدف، ۱۸۸ میلیون کیلومتر راه طی کرد.

دیپ اسپیس ـ ۱

سری جدیدی از فضاپیماهای کوچک ناسا، به نام کاوش‌گرهای دیپ اسپیس (اعماق فضا)، مشغول آزمایش فن‌آوری‌هایی هستند که پیش از این از آن‌ها در فضا استفاده نشده بود. نخستینِ آن‌ها، دیپ ـ اسپیس ـ ۱ (DS-1)، در سال ۱۹۹۸ پرتاب شد. این فضاپیما به کمک دستگاه جهت‌یابی خودکار، خود را از روی ستاره‌های دوردست هدایت کرد و یک سال بعد به سیارک بریِلی یا KD۱۹۹۲ رسید و در سال ۲۰۰۱ از کنار دنباله‌دار بورلی گذشت. این فضاپیما سلول‌های خورشیدی مؤثرتری داشت و نوعِ جدیدی از موتورهای پیش‌ران به نام موتور یونی را آزمایش کرد.

موتور یونی

پیش‌ران یونی

یون، همان اتم باردار است. داخل موتور یونی، گازی شامل یون‌ها به درون توری باردار یا میدان مغناطیسی نیرومندی کشیده و با سرعت بسیار خارج می‌شود. این پرتاب ذرات، فضاپیما را در جهت مخالف هُل می‌دهد. فضاپیمایی با موتور یونی، به سرعتی ۱۰ برابر سرعت ویجر می‌رسد. البته چون به مرور شتاب می‌گیرد، ممکن است چند ماه طول بکشد تا به این سرعت برسد. اما در عوض سوختی که با خود می‌برد، بسیار سبک‌تر، کوچک‌تر، کم‌هزینه‌تر و ایمن‌تر است. پس از موفقیت دیپ اسپیس ـ ۱ فضاپیماهای بیش‌تری با موتور یونی به کاوش منظومه‌ی شمسی می‌پردازند.

ترکِ زمین

فضاپیمای میان‌سیاره‌ای ابتدا در مداری به دور زمین قرار می‌گیرد. هدایت‌کنندگان مأموریت، موشک‌هایی را روشن می‌کنند که سبب می‌شود کاوش‌گر مدار زمین را ترک کند و وارد مداری به دور خورشید شود. مدار خورشیدی فضاپیما چنان دقیق محاسبه می‌شود که حتماً از مدار سیاره‌ی هدف بگذرد. هدایت‌کنندگان مأموریت، زمان پرتاب کاوش‌گر به مدار خورشیدی را به‌گونه‌ای تنظیم می‌کنند که فضاپیما و سیاره‌ی هدف در یک زمان به یک نقطه برسند. این مسیر با توجه به حرکت سیاره و فضاپیما در مدار به جای خطی مستقیم، منحنی است. زمان پرتاب کاوش‌گر نیز به مکان زمین و سیاره‌ی مقصد در مدارشان به دور خورشید بستگی دارد تا کوتاه‌ترین راه طی شود.

منظومه شمسی

خورشید

عطارد

زهره

زمین

مریخ

مشتری

زحل

اورانوس

وقتی کاوش‌گری به سیاره‌ای می‌رسد، گرانش سیاره آن را به دام می‌اندازد. موشک‌های کمکی روشن می‌شوند تا کاوش‌گر را وارد مدار کنند. در سفرهای کم‌هزینه‌تر، فضاپیما از اصطکاک حاصل از ورود به لایه‌های بالایی جوّ سیاره نیز کمک می‌گیرد تا مدار خود را تصحیح کند.

فضاپیمای مارینر ۱۰ از گرانش زهره استفاده کرد تا به مداری به دور خورشید وارد شود که هر ۱۷۶ روز آن را نزدیک عطارد می‌بَرد.

برای این‌که فضاپیمایی به سیاره‌های عطارد و زهره برسد، باید در خلاف جهت حرکت زمین شتاب بگیرد.

صفحه‌های خورشیدی پیش‌رفته و پُربازده، توان الکتریکی مورد نیاز موتور یونی را تولید می‌کنند.

خطرهای سفر میانْ سیاره‌ای

جوّ زمین و میدان مغناطیسی آن، انسان‌ها و تجهیزات الکترونیک را از آسیب تابش‌ها و ذرات پُرانرژی کیهان محفوظ می‌دارد. بنابراین، مهم است که دانشمندان علوم فضایی سپری مؤثر را به اندازه‌ی حفاظت طبیعی زمین، برای مأموریت‌های سرنشین‌دار آینده به سیاره‌های دیگر پیدا کنند. فضاپیماها باید در برابر برخورد ریزشهاب‌واره‌ها هم مقاوم باشند. امکان دارد این اجسام سوراخ‌هایی در بدنه‌ی فضاپیما ایجاد کنند و موجب کشته شدن یا آسیب دیدن فضانوردان شوند. همچنین باید با تحقیقات بیش‌تر، راه حل مشکلات جدی اقامت طولانی در فضا، مانند کاهش کلسیم و پوکی استخوان یا تغییر فشار خون و کاهش گلبول‌های سفید و مشکلات روان‌شناختی شناخته شود.

خودکفایی در فضا

اجتماع‌های آینده‌ی انسان در فضا، باید خودکفا باشند: غذایشان را خودشان تهیه کنند و جوّ و فضولات گیاهی، حیوانی و انسانی را بازیافت کنند. آزمایشی بین سال‌های ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۳ نشان داد که رسیدن به این بازیافت کلی بسیار مشکل است. در آن آزمایش، که بخشی از طرح زیست‌کره ـ ۲ در آریزونای ایالات متحده بود، ۸ نفر به‌مدت ۲ سال در محیطی بزرگ و سربسته، بدون راهی به دنیای بیرون، به صورت کاملاً خودکفا زندگی کردند. آن‌ها به کشاورزی و دام‌داری پرداختند و با منابع آب محدود یک زندگی اجتماعی کاملاً بسته را اداره کردند.

دوراندیشان فضا

• ژول وِرن (۱۹۰۵-۱۸۲۸) نخستین نویسنده‌ای بود که به‌گونه‌ای داستان می‌نوشت که گویی سفر به فضا واقعیتی امکان‌پذیر بوده است؛ در حالی که نیم قرن پس از درگذشت او عصر فضا آغاز شد.

• هـ. گ. ولز (۱۹۴۶ - ۱۸۶۶) در کتاب خود، جنگ دنیاها، موجوداتی را تصویر کرده است که از مریخ به زمین حمله می‌کنند.

• در بیش‌تر کتاب‌های آرتور سی. کلارک، به سفرهای میان‌سیاره‌ای پرداخته شده است. در کتاب نغمه‌های زمین دوردست (که در ایران به نام عملیات آخر: تالاسا نیز منتشر شده است)، انسان‌ها سال‌هاست که زمین را ترک کرده‌اند.

• جین رادنبری (۱۹۹۱ - ۱۹۲۱)، خالق مجموعه‌ی تلویزیونی پیش‌تازان فضا (STARTREK)، فراتر از سفرهای میان‌سیاره‌ای را می‌دید و سفرهای معمول میانِ ستاره‌ها را تصویر می‌کرد.

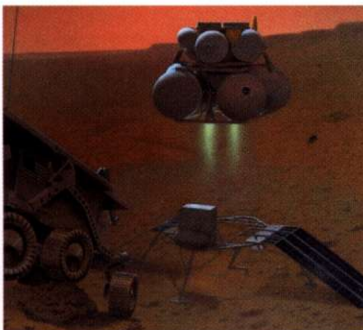
زیست‌کره ـ ۲ آریزونا



دانشمندان با اکوسیستم‌های درون زیست‌کره ـ ۲، که مانند اقامت‌گاهی فضایی از محیط اطرافش کاملاً مجزا شده بود، آزمایش انجام می‌دادند.

سفر به مریخ

پس از سفر به ماه، گام بعدی انسان سفر به مریخ است که در دهه‌ی سوم تا پنجم سده‌ی بیست‌ویکم میلادی انجام خواهد شد. تا آن زمان، فضاپیماهای بی‌سرنشین بسیاری به مریخ می‌روند و در دهه‌ی آینده میلادی، فضاپیماهایی پس از سفر به این سیاره به زمین باز می‌گردند. سفر آینده‌ی انسان به مریخ سفری ۲/۵ تا ۳ ساله خواهد بود. چند ماه برای رفت و چند ماه برای برگشت و حدود ۲ سال نیز باید در مریخ منتظر ماند تا موقعیت مداری مریخ و زمین دوباره به گونه‌ای شود که فضاپیما کوتاه‌ترین راه را طی کند. اگر مسافران مریخ نتوانند سوخت مورد نیاز خود را روی مریخ تأمین کنند، هرگز نمی‌توانند به زمین بازگردند. یک پیشنهاد برای رسیدن به این هدف، فرستادن نیروگاه کوچک تولید سوخت همراه فضاپیما به مریخ است. در این نیروگاه، دی‌اکسید کربن از جوّ مریخ با هیدروژن برده شده از زمین ترکیب می‌شود و آب و متان تولید می‌کند. آب به هیدروژن و اکسیژن می‌شکند. سپس می‌توان از متان و اکسیژن به جای سوخت و اکسیدکننده برای بازگشت استفاده کرد. راه دیگر، استفاده از منابع یخ‌آب در مریخ است. مقادیر عظیم یخ‌آب در زیر لایه‌های سطحی مریخ شناسایی شده است. اگر چنین منبعی در دسترس فضانوردان باشد، سوخت و احتمالاً آب مورد نیاز برای نوشیدن و شستن فراهم خواهد شد.



تصویرسازی یک هنرمند از تولید سوخت

فضاپیما با شش سرنشین برای بازگشت به زمین به چند تن اکسیژن و متان از جوّ یا منابع یخ‌آب مریخ نیاز دارد تا پیش‌ران کافی برای بلند شدن از سطح تولید شود.

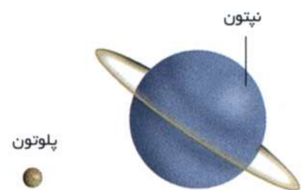
روان‌شناسی و کاوش فضا

اگر قرار است که اجتماع انسان در فضا به موفقیت برسد، روان‌شناسان باید درباره‌ی چگونگی تقابل افراد در گروه‌های کوچک، زمانی که از همه چیز و همه کس جدا می‌شوند، بیش‌تر بدانند. از نظر افرادی که در پروژه‌ی زیست‌کره ـ ۲ در سال ۱۹۹۱ شرکت داشتند، این انزوا بسیار مشکل بود. اعضای طرح زیست‌کره از کاوش‌گران فضایی خوش‌اقبال‌تر بودند؛ زیرا می‌توانستند سرانجام انزوا را بشکنند و بیرون بروند. اما چنین انتخابی برای مستعمره نشین‌های فضایی وجود ندارد.



فضانوردان ایستگاه فضایی میر موفق شدند در فضا لوبیا بکارند.

برای این‌که فضاپیمایی به مریخ و سیاره‌های بعدی برسد، باید در جهت یکسان یا جهت گردش زمین به دور خورشید شتاب بگیرد.



کشاورزی در فضا

در ایستگاه فضایی میر، دانشمندان تلاشی ابتدایی برای پرورش گیاهان کردند و آزمایش‌هایی نیز در ایستگاه فضایی بین‌المللی انجام شده است. جامعه‌ی انسان در فضا یا به اصطلاح، فضانشینان، باید بیش از این‌ها کشت‌وکار کنند. گیاهان زیر کشت برای فضانشینان بسیار حیاتی‌اند؛ زیرا نه تنها اکسیژن برای تنفس تولید می‌کنند، غذای انسان‌ها و حیوان‌های اهلی را هم فراهم می‌آورند. گیاهان هم مهم‌اند؛ زیرا گیاهان سبز سلامت ذهن را افزایش می‌دهند و به انسان برای برخورد با تنش‌ها و نگرانی‌ها کمک می‌کنند.

بیش‌تر بدانیم

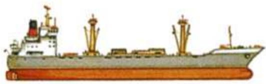
علم در فضا ۸۰
ایستگاه فضایی بین‌المللی ۸۲
ناوهای فضایی آینده: سفر به ستاره‌ها ۹۰

ناوهای فضایی آینده: سفر به ستاره‌ها

فراتر از مرزهای منظومه‌ی شمسی، نزدیک‌ترین همسایه‌ی ستاره‌ای ما، منظومه‌ی آلفا ـ قنطورس در فاصله‌ی حدود ۴۰ تریلیون کیلومتری ماست. با استفاده از سریع‌ترین فن‌آوری امروز، حتی اگر بتوانیم به مقدار کافی برای همه‌ی سفر سوخت با خود ببریم، باز هم هزاران سال در راه خواهیم بود تا به این منظومه برسیم. نور، که سریع‌ترین جسم شناخته شده در جهان است، در مدت کمی بیش از ۴ سال به ستاره‌ی آلفا ـ قنطورس می‌رسد. برای کاوش‌های میان‌ستاره‌ای عادی، مانند آن‌هایی که فضاپیماهای مجموعه‌های تلویزیونی و سینمایی نظیر پیش‌تازان فضا یا جنگ ستارگان انجام می‌دهند، فضاپیما باید با سرعتی بیش از سرعت نور حرکت یا از میان‌بُرهایی در انحنای فضا ـ زمان سفر کند. اما هنوز کسی نمی‌داند که آیا این مسئله امکان‌پذیر است یا خیر؟

محدودیت‌های ماده‌ی پیش‌ران

موشک‌ها باید تمام سوخت و اکسیدکننده‌ها را با خود حمل کنند. تفاوتی ندارد که موشک چقدر کارآمد باشد، به هر حال، مقدار کافی ماده‌ی پیش‌ران برای سفرهای میان‌ستاره‌ای غیرممکن است. ناسا تخمین زده است که حتی موتور یونی با مصرف سوختی بسیار کم، که به ۱۰ برابر سرعت ویجر ۲ می‌رسد، برای رسیدن به آلفا ـ قنطورس در عرض یک قرن به ۱۵۰۰ اَبَرتانکر ماده‌ی پیش‌ران احتیاج دارد. این موضوع حتی برای موتورهای هسته‌ای نیز همین اندازه دور از دست‌رس است.



اَبَرتانکر



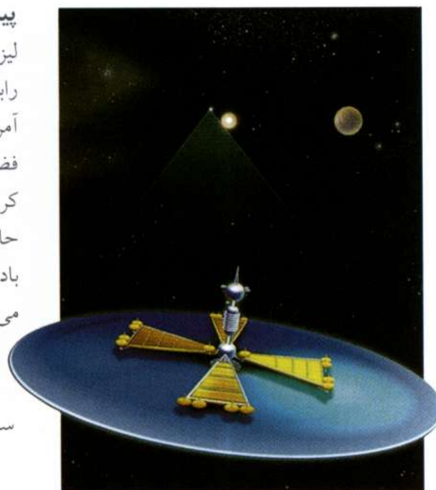
ویجر ۲

محدودیت‌های سرعت

در سال ۱۹۰۵، آلبرت اینشتین نخستین نظریه‌ی بزرگ خود، نظریه‌ی نسبیت خاص، را منتشر کرد. این نظریه نشان می‌دهد که سفر با سرعت نور غیرممکن است. مثلاً هرچه جسمی سریع‌تر حرکت کند، سنگین‌تر می‌شود. پس جرم فضاپیمایی که با سرعت نور حرکت کند، بی‌نهایت می‌شود. در نظریه‌ی اینشتین، فقط تابش الکترومغناطیس، که هیچ جرمی ندارد، با سرعت نور (۳۰۰هزار کیلومتر بر ثانیه) حرکت می‌کند. اما حتی سرعت‌های دست‌نیافتنی نزدیک به سرعت نور نیز برای سفر به ستاره‌های دور و نزدیک در کهکشان سرعتی بسیار کند است.

پیش‌رانش لیزری

لیزر نیاز به ماده‌ی پیش‌ران را برطرف می‌کند. رابرت فوروارد (۲۰۰۲ ـ ۱۹۳۲)، دانشمند آمریکایی، نخستین کسی بود که ساخت فضاپیماهایی با پیش‌رانش لیزری را پیشنهاد کرد. یکی از پیشنهادهای او، پرتاب فضاپیمایی حامل لیزر به مدار زمین بود. پرتو لیزر به بادبان‌هایی متصل به کاوش‌گر ستاره‌ای می‌تابد. فشار ناشی از پرتو قدرت‌مند لیزر، فضاپیما را به جلو می‌راند و به مرور سرعت آن را به ۲۰درصد سرعت نور می‌رساند.



کاوش‌گر ستاره‌ای پیشنهادی فوروارد

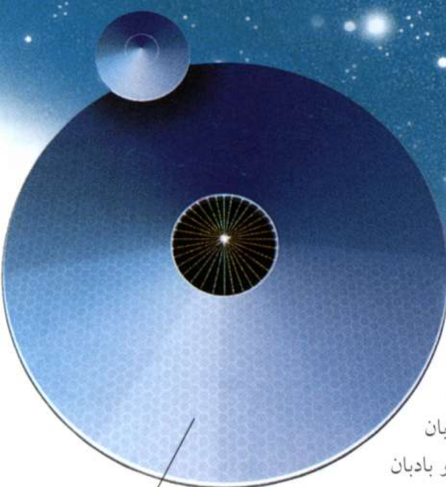
محدودیت‌های موشک‌ها

فضاپیمای ویجر با سرعت ۶۰هزار کیلومتر بر ساعت مرزهای سیاره‌ای منظومه‌ی شمسی را ترک کرد. با این سرعت، ۸۰هزار سال طول می‌کشد تا ویجر به منظومه‌ی آلفا ـ قنطورس برسد. اگر بخواهیم این سفر را با موشک‌ها و شاتل‌های فضایی وابسته به سوخت شیمیایی، که رایج‌ترین نوع سفرهای انسان به فضاست، ترتیب بدهیم، در تمام کهکشان جرم کافی وجود ندارد که به ماده‌ی پیش‌ران مورد نیاز تبدیل شود.

کهکشان راه شیری

بازگشت به خانه

رسیدن به ستاره‌ای دوردست، فقط بخشی از داستان است. فضانوردان باید سرعت فضاپیما را برای کاوش‌ها کاهش دهند. در کاوش‌گر پیشنهادی آقای فوروارد، از سه بادبان داخل هم استفاده می‌شود. در لحظه‌ی رسیدن، بادبان خارجی جدا و پرتو لیزر از زمین بازتاب می‌شود، به دو بادبان درونی می‌تابد و کاوش‌گر را متوقف می‌کند. سپس فشاری از سوی پرتو نور دیگری به درونی‌ترین بادبان شتاب می‌دهد تا فضاپیما به زمین بازگردد.

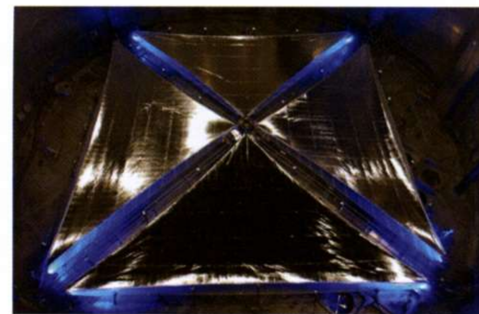


طرح فوروارد از بادبان‌های خورشیدی.

منظومه‌ی شمسی و ستاره‌ی آلفا ـ قنطورس در فاصله‌ی ۴/۴ سال نوری از هم در بازوی جبار و در فاصله‌ی ۲۵هزار سال نوری از مرکز کهکشان راه شیری قرار دارند.

رانش‌گر انحنادهنده‌ی فضا ـ زمان

در سال ۱۹۱۵، آلبرت اینشتین نظریه‌ی نسبیت عام خود را منتشر کرد که درباره‌ی انحنای فضا ـ زمان در نزدیکی اجسام پُرجرم بود. فضاپیمای اینترپرایز در مجموعه‌ی پیش‌تازان فضا سریع‌تر از نور حرکت می‌کرد؛ اما به غلط، موتورهای پادماده‌ای اختراع کرده بود که فضاپیما را به پیش می‌راند. با وجود این، مجموعه‌ی پیش‌تازان فضا الهام‌بخش دانشمند مکزیکی، میگِل آلکوویِرّه (متولد ۱۹۶۴)، شد تا درباره‌ی امکان ساخت رانش‌گر انحنادهنده‌ی فضا ـ زمان تحقیقاتی انجام دهد.



بادبان خورشیدی

بازگشت به روش دریانوردان گذشته، یکی از راه‌های نوآورانه‌ی سفرهای ستاره‌ای است. طرح فضاپیماهای بادبان‌خورشیدی بر پایه‌ی استفاده از نیروی رانش نور خورشید است. بادبان عظیم فضاپیما، که از جنس ورقه‌ی فیلم مانند بسیار نازک و سبک است، پس از رسیدن به فضا باز می‌شود و با گذر از نزدیکی خورشید، از تک‌ضربه‌های ناچیز برخورد فوتون‌های خورشیدی، آن‌قدر شتاب می‌گیرد که به سرعت حدود ۱۰درصد سرعت نور برسد. این فشار تابشی تا دوردست‌ها ادامه دارد. نخستین مأموریت آزمایشی این طرح، به سبب مشکل موشک پرتاب‌گر آن، شکست خورد اما بدون شک یکی از راه‌های منطقی برای سفرهای فضایی طولانی در آینده است.

آندرومدا نزدیک‌ترین کهکشان مارپیچی به راه شیری است.

آندرومدا ۲/۵ میلیون سال نوری از زمین فاصله دارد.


تصویری هنری از سفر در انحنای فضا ـ زمان

رانش‌گر آلکوویِرّه

موتور انحنای فضا ـ زمانِ پیشنهادی آلکوویِرّه تاروپود یا انحنای نامرئی فضا را در برابر فضاپیما منقبض و در پشت سر آن منبسط می‌کند. فضاپیمایی با رانش‌گر انحنادهنده‌ی فضا ـ زمان، در فضای خود آهسته‌تر از سرعت نور حرکت می‌کند؛ اما خود این انقباض و انبساط فضا مسیر فضاپیما را کوتاه‌تر می‌کند و به نظر می‌رسد که فضاپیما با سرعتی بیش از سرعت نور سفر کرده است.

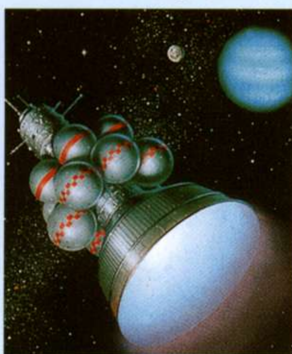
دوراندیشان سفر به ستاره‌ها

• در سال ۱۹۶۰، رابرت باسارد، فیزیک‌دان آمریکایی، عنوان کرد که یک میدان مغناطیسی به پهنای ۳۲۰۰ کیلومتر، هیدروژن را از فضای میان‌ستاره‌ای جمع می‌کند تا برای یک موشک هم‌جوشی هسته‌ای سوخت کافی مهیا شود.

• در اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰، مشتاقان سفرهای فضایی در آمریکا طرحی پیشنهاد کردند که با انفجار یک بمب اتم پشت سر یک فضاپیما، آن را راه بیندازند. آن‌ها نام آن را طرح اوریون گذاشتند.

• در سال ۱۹۷۰، طرح انگلیسی دائه دالوس، طرح اوریون را به‌روز کرد. در این طرح ریزبُمب‌هایی پیشنهاد شد که فضاپیما را به سوی ستاره‌ی بارنارد (کوتوله‌ی سرخی در نزدیکی خورشید)، در فاصله‌ی ۵/۹ سال نوری از ما، به پیش برانند.

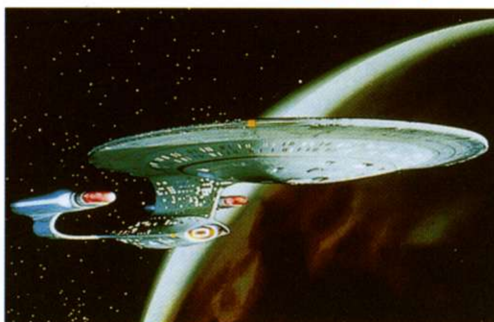
تصویرپردازی طرح دائه‌دالوس



بیش‌تر بدانیم

ناوهای فضایی آینده: سفر به ستاره‌ها ۹۰
سفر میان سیاره‌ای ۸۸
درون سیاه‌چاله ۲۱۰

فضاپیمای خیالی اینترپرایز


نویسندگان داستان پیش‌تازان فضا نخستین بار عبارت «رانش‌گر انحنادهنده‌ی فضا ـ زمان» را برای سفر سریع‌تر از نور به کار بردند.

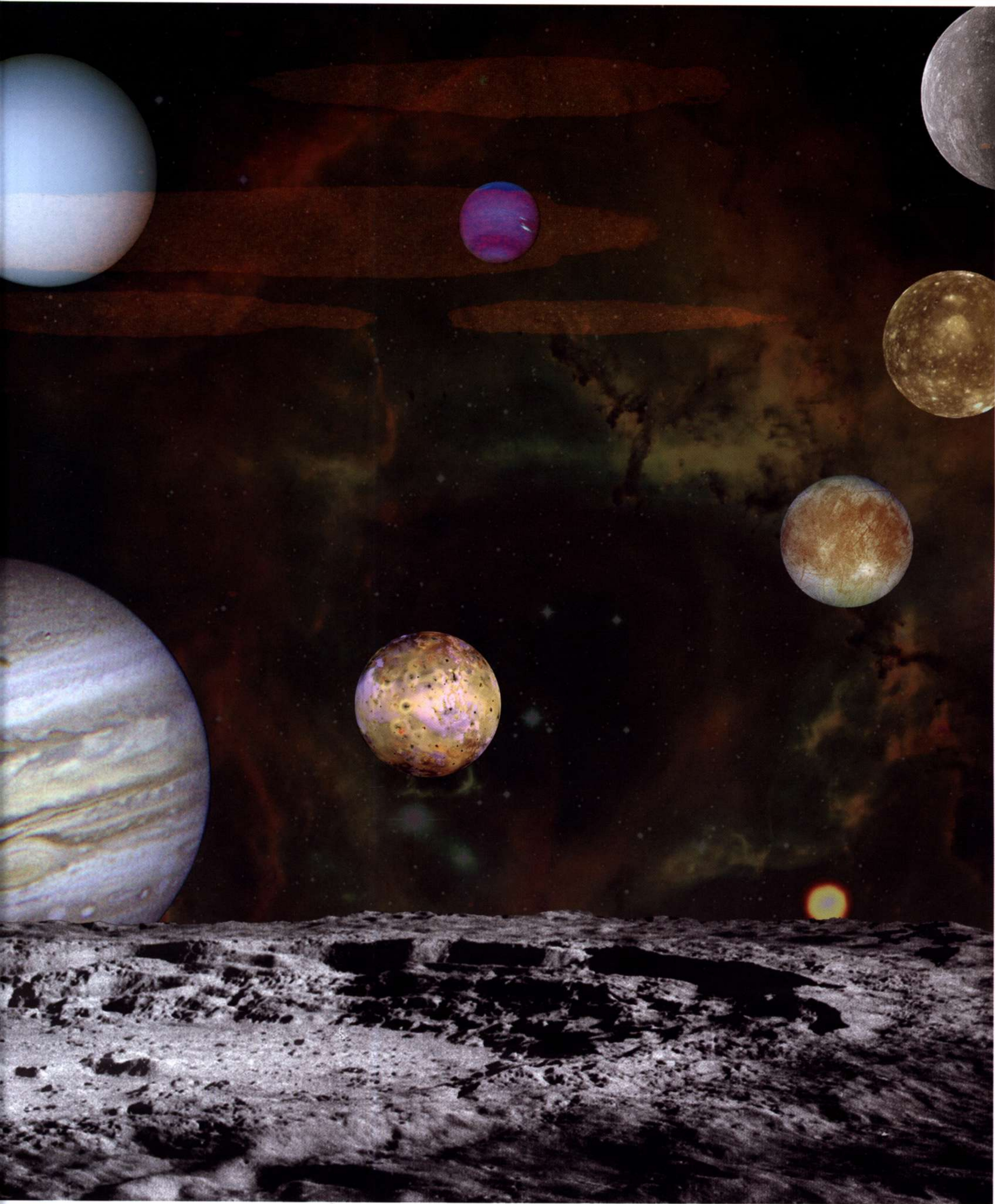
جرم منفی

رانش‌گر انحنادهنده‌ی فضا ـ زمان برای انبساط فضا پشت سر فضاپیما به جرم منفی و برای انقباض فضا در جلو فضاپیما، به همان مقدار جرم مثبت نیاز دارد. در فیزیک کوانتوم، وجود جرم منفی را محتمل می‌دانند؛ اما هیچ‌کس نمی‌داند که این جرم واقعاً وجود دارد یا خیر.

کرم‌چاله‌ها

کیپ تورن (متولد ۱۹۴۰)، فیزیک‌دان آمریکایی، مفهوم کرم‌چاله‌ها را در فیزیک مطرح کرد؛ مفهومی که هنوز فقط در روابط ریاضی و پیش‌بینی فیزیک‌دانان وجود دارد. ممکن است این کرم‌چاله‌ها میان‌بُرهایی در فضا و زمان باشند. یک کرم‌چاله، شبیه تونلی که در دل کوهی کنده شده است، ما را از یک موقعیت در فضا به موقعیت دیگری وصل می‌کند؛ اما مشکل این‌جاست که کرم‌چاله‌ها پدیده‌هایی اتفاقی و کوتاه عمرند و هر آن امکان دارد بسته شوند و هر که را در درونشان باشد، ببلعند. دانشمندان بر این باورند که انرژی منفی، که با جرم منفی مرتبط است، کرم‌چاله‌ها را باز نگه می‌دارد. آن‌گاه آن‌چه مسافران میان‌ستاره‌ای و میان‌کهکشانی باید نگران آن باشند، فقط این است که آیا انتهای کرم‌چاله به فضا و زمان مناسب می‌رسد یا خیر؟!

تصویرپردازی یک هنرمند از یک کرم‌چاله



سیاره‌ها و قمرها

پیش از انقلاب فضایی، سیاره‌ها اغلب چیزی بیش از نقاطی در آسمان نبودند که وقتی با تلسکوپ نگاهشان می‌کردید، جزییات محوی از آن‌ها دیده می‌شد. حالا، به یُمن بررسی‌هایی که کاوش‌گرهای فضایی انجام داده‌اند، سیاره‌ها «دنیاهای جدید» واقعی با کوه‌ها، دره‌ها، آتش‌فشان‌ها، حلقه‌ها و جماعتی عظیم از قمرها هستند. حتی قمرها ویژگی‌های خاص خود را دارند. از تریتون با یخ‌فشان‌هایش تا اروپا که شاید اقیانوس آب گرمی دارای شکل‌هایی از حیات، زیر پوسته‌ی یخی آن پنهان باشد. تا به حال فقط پلوتون دوردست را (که دیگر در رده‌ی سیاره‌های اصلی نیست) از نزدیک ملاقات نکرده‌ایم. فضاپیماها و فضانوردان نیز آن‌چه را ما درباره‌ی سیاره‌ی خودمان و قمر آن می‌دانستیم، بسیار گسترش دادند و کمک کردند که به موقعیت و ویژگی‌های واقعی آن‌ها در میان همسایگانشان پی ببریم. اما سیاره‌ای که بیش از همه زیر ذره‌بین قرار دارد، مریخ است که به احتمال بسیار در دوره‌ی زندگی ما میزبان فضانوردانی از زمین خواهد بود.

منظومه‌ی شمسی

هشت سیاره‌ی اصلی و تعدادی سیاره‌ی کوتوله، بیش از ۱۶۰ قمر، میلیون‌ها سیارک و اجسام سنگی دیگر و بی‌شمار دنباله‌دار به دور خورشید در گردش‌اند. آن‌ها با هم منظومه‌ی شمسی را می‌سازند که حجمی از فضا به قطر ۱۵تریلیون (هزار میلیارد) کیلومتر را اشغال کرده است. نزدیک‌ترین بخش به خورشید، بخش قرصی شکل منظومه و شامل سیاره‌هاست. بسیار دورتر، در مرزهای خارجی منظومه‌ی شمسی، ابر اورت، ناحیه‌ای کروی‌شکل از هسته‌های یخی دنباله‌دارها، قرار دارد.

اگر سیاره‌ها را از شمال صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی، مثلاً از فراز قطب شمال خورشید نگاه کنیم، می‌بینیم که در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت (پادساعت‌گرد) در مدارها حرکت می‌کنند.

پلوتون کشیده‌ترین مدار را دارد.

سیاره‌های بیرونی

مشتری، زحل، اورانوس و نپتون سیاره‌های بیرونی‌اند که معمولاً آن‌ها را غول‌های گازی می‌نامند؛ زیرا این سیاره‌های غول‌پیکر، بیش‌تر از گاز ساخته شده‌اند. هریک از آن‌ها مجموعه‌ای از حلقه‌ها و خانواده‌ای از قمرها دارد. پلوتون نیز پس از نپتون قرار دارد. اندازه، ساختار و ترکیبات پلوتون (که در سال ۲۰۰۶ از رده‌ی سیاره‌های اصلی خارج شد) با بقیه تفاوت دارد.

اورانوس، همراه با حلقه‌ها و قمرهایش، به پهلو خوابیده است و به دور خورشید می‌گردد. تمایل یا کجی محور این سیاره حدود ۹۸ درجه است.

سیاره‌های درونی

نزدیک‌ترین سیاره‌ها به خورشید (عطارد، زهره، زمین و مریخ) را به نام سیاره‌های درونی می‌شناسیم. آن‌ها سنگی و از سیاره‌های بیرونی کوچک‌ترند. از میان آن‌ها فقط زمین و مریخ قمر دارند.

مدارهای سیاره‌ها

سیاره‌ها در مسیرهای کاملاً دایره‌ای به دور خورشید حرکت نمی‌کنند و مسیرشان بیضوی است. البته بیش‌تر مدارها به دایره نزدیک است. یک دور کامل به گرد خورشید را مدار می‌نامیم. طول مدار و زمان کامل کردن یک مدار (دوره‌ی تناوب مداری یا سالِ سیاره) برای سیاره‌های دورتر به ترتیب فاصله از خورشید، بیش‌تر می‌شود. سیاره‌ها دو گروه مجزای سیاره‌های درونی و بیرونی را تشکیل می‌دهند که کمربند سیارک‌ها میان آن‌ها قرار دارد. کمربند سیارک‌ها منطقه‌ای شامل میلیاردها سنگ کوچک و صخره‌ی فضایی است.

مریخ سردتر از زمین است. به طور کلی، هرچه سیاره‌ای از خورشید دورتر باشد، سردتر است.

زمین تنها سیاره‌ای است که می‌دانیم آب مایع و حیات دارد.

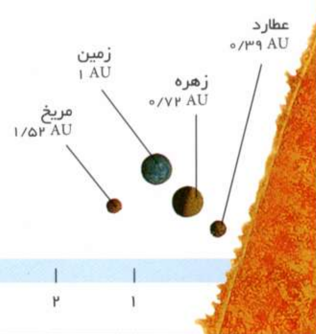
خورشید بیش از ۹۹درصد از جرم کل منظومه‌ی شمسی را در خود جای داده است. این نسبت، جرم ستاره‌ای عادی را به سیاره‌ها نشان می‌دهد. کشش گرانش خورشید کل منظومه را نگه‌داشته است.

زهره تقریباً هم‌اندازه‌ی زمین است. این سیاره داغ‌ترین سطح را در جمع سیاره‌ها دارد.

عطارد، نزدیک‌ترین سیاره به خورشید، کوتاه‌ترین و سریع‌ترین مدار را به دور خورشید دارد.

چه‌قدر دورتر از خورشید

فاصله‌ی هر سیاره از خورشید حین حرکت آن در مدارش تغییر می‌کند؛ چون در مسیری بیضوی حرکت می‌کند. مثلاً پلوتون (سیاره‌ی کوتوله) در نزدیک‌ترین نقطه‌ی مدار به خورشید، یا حضیض، حدود ۳میلیارد کیلومتر به دورترین نقطه‌ی مدار از خورشید، یا اوج، به خورشید نزدیک‌تر است. در مقیاس زیر فاصله‌ی متوسط سیاره‌ها از خورشید به واحد نجومی (AU) داده شده است.







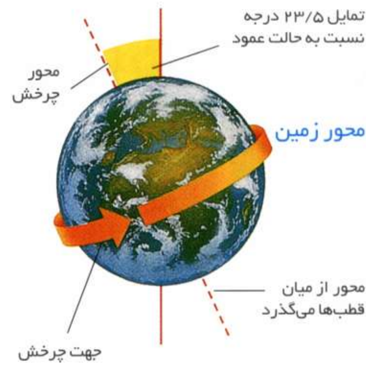
یک واحد نجومی برابر با ۱۴۹/۶ میلیون کیلومتر است؛ یعنی میانگین فاصله‌ی زمین از خورشید.

اورانوس ۱۹/۱۹ AU

۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶ ۷ ۸ ۹ ۱۰ ۱۱ ۱۲ ۱۳ ۱۴ ۱۵ ۱۶ ۱۷ ۱۸ ۱۹

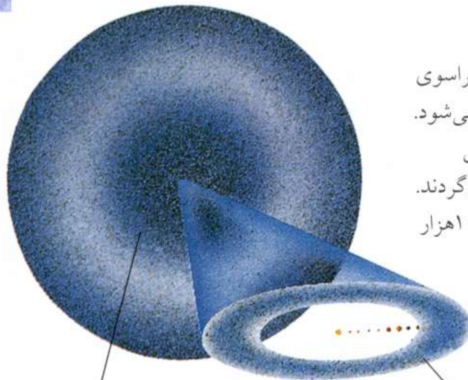
تمایل محور سیاره‌ها

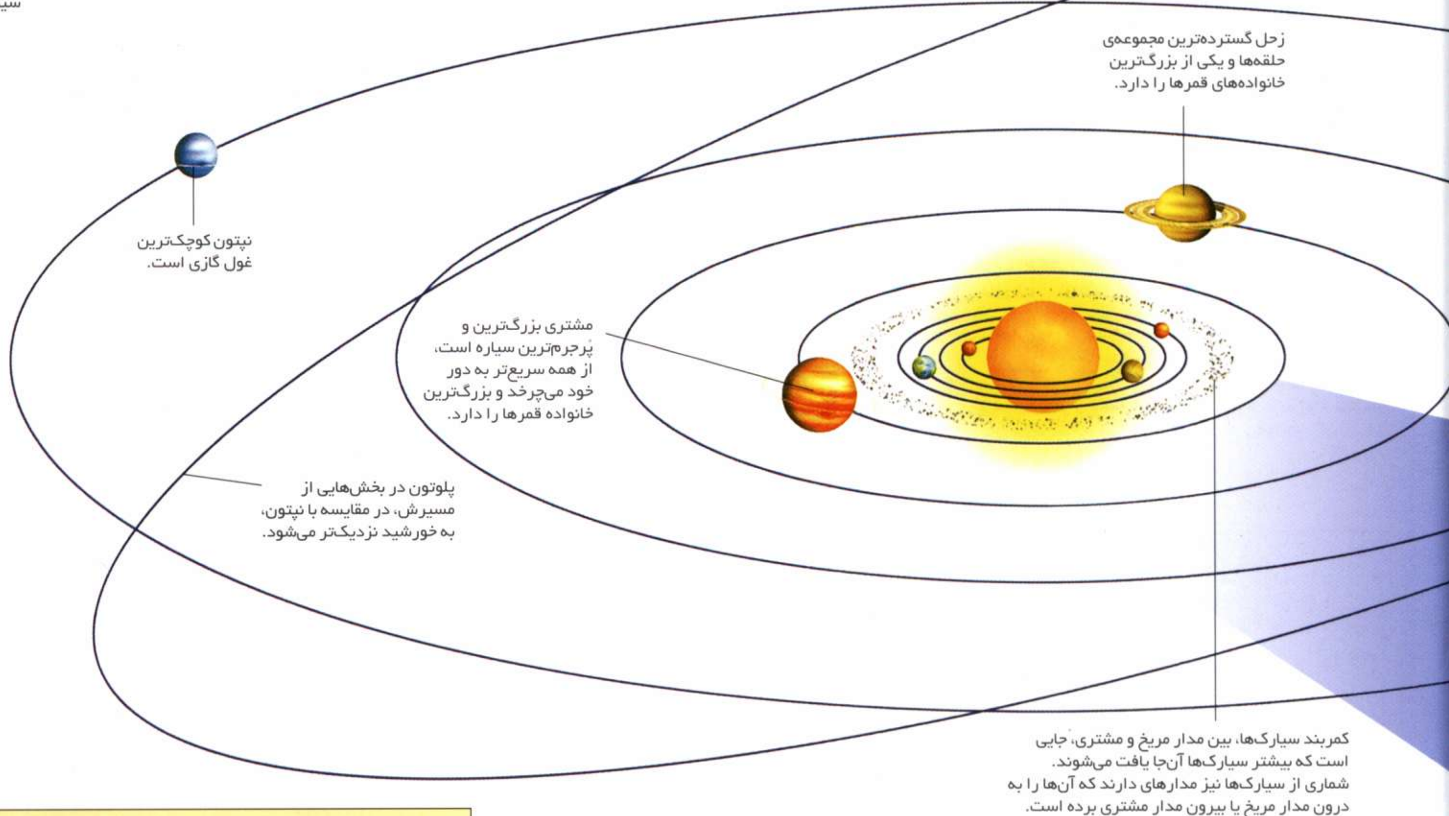
سیاره‌ها، افزون بر گردش به دور خورشید در مدار، به دور خود هم می‌چرخند. سیاره نسبت به خورشید قائم نیست؛ زیرا محورآن، خطی فرضی که به دور آن می‌چرخد، مقداری به حالت عمود بر صفحه‌ی مدار سیاره به دور خورشید تمایل دارد. تمایل محور هر سیاره زاویه‌ای متفاوت است.



فراسوی سیاره‌ها

میلیاردها کیلومتر دورتر از خورشید، فراسوی دورترین سیاره، ابرکروی اورت آغاز می‌شود. این ابر، توده‌ی عظیمی از هسته‌ی یخی دنباله‌دارهاست که به دور خورشید می‌گردند. قطر این ابر حدود ۱/۶ سال نوری (۱۰۰هزار واحد نجومی) تخمین زده می‌شود.



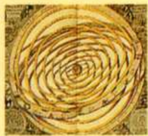


ارقام مهم

سیاره	قطر به کیلومتر	دوره‌ی چرخش محوری (حرکت وضعی)	دوره‌ی گردش مداری (حرکت انتقالی)	کمترین فاصله از خورشید (حضیض) به کیلومتر	بیش‌ترین فاصله از خورشید (اوج) به کیلومتر
عطارد	۴۸۸۰	۵۸/۶۵ روز	۸۷/۹۷ روز	۴۶/۰ میلیون	۶۹/۸ میلیون
زهره	۱۲۱۰۴	۲۴۳ روز	۲۲۴/۷۰ روز	۱۰۷/۵ میلیون	۱۰۸/۹ میلیون
زمین	۱۲۷۵۶	۲۳/۹۳ ساعت	۳۶۵/۲۶ روز	۱۴۷/۱ میلیون	۱۵۲/۱ میلیون
مریخ	۶۷۹۴	۲۴/۶۲ ساعت	۶۸۶/۹۸ روز	۲۰۶/۶ میلیون	۲۴۹/۲ میلیون
مشتری	۱۴۲۹۸۴	۹/۹۲ ساعت	۱۱/۸۶ سال	۷۴۰/۶ میلیون	۸۱۶/۰ میلیون
زحل	۱۲۰۵۳۶	۱۰/۶۶ ساعت	۲۹/۴۵ سال	۱/۳۵ میلیارد	۱/۵۱ میلیارد
اورانوس	۵۱۱۱۸	۱۷/۲۴ ساعت	۸۴/۰۲ سال	۲/۷۳ میلیارد	۳/۰۱ میلیارد
نپتون	۴۹۵۲۸	۱۶/۱۱ ساعت	۱۶۴/۷۹ سال	۴/۴۶ میلیارد	۴/۵۴ میلیارد
پلوتون (سیاره کوتوله)	۲۳۰۲	۶/۳۹ روز	۲۴۷/۹ سال	۴/۴۴ میلیارد	۷/۳۸ میلیارد

اکتشافات منظومه‌ی شمسی

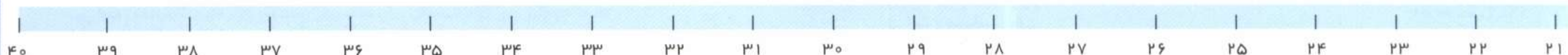
- عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری، زحل و ماه در دوران باستان شناخته شده بودند. مردم آن روزگار بر این باور بودند که زمین در مرکز منظومه‌ی شمسی قرار دارد.



- در قرن شانزدهم، نیکلاس کوپرنیک ادعا کرد که سیاره‌ها به دور خورشید می‌گردند.
- اورانوس در سال ۱۷۸۱، نپتون در سال ۱۸۴۶ و پلوتون در سال ۱۹۳۰ کشف شد.
- وجود ابری از دنباله‌دارها، که بخش سیاره‌ای منظومه‌ی شمسی را احاطه کرده است، نخستین بار در سال ۱۹۳۲ پیشنهاد شد.

بیش‌تر بدانیم

کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶، تولد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰
اعضای خُرد ۱۶۰، دیگر منظومه‌های شمسی ۱۹۸



کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها

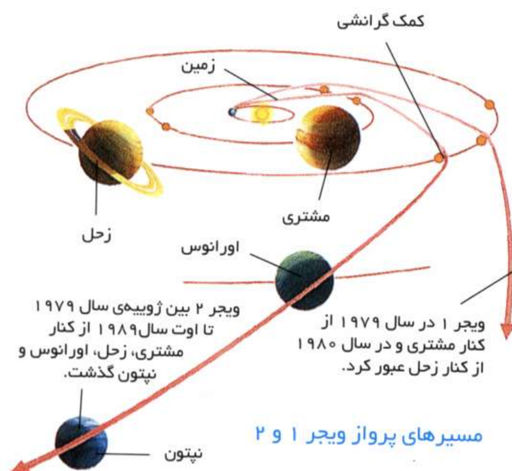
زمانی که نخستین موشک‌ها با موفقیت به فضا رسیدند، ابزار اکتشافی جدیدی به نام کاوش‌گر فضایی در دست‌رس دانشمندان علوم فضایی و اخترشناسان قرار گرفت. کاوش‌گرهای فضایی فضاپیماهای خودکاری به اندازه‌ی یک اتومبیل هستند که به کمک موشک به فضا پرتاب می‌شوند. آن‌ها به سوی هدفی از پیش تعیین‌شده می‌روند و با استفاده از ابزارهای خود، به بررسی آن‌ها می‌پردازند. این فضاکاوها تا به حال نماهای نزدیکی از همه‌ی سیاره‌ها اصلی، بسیاری از قمرها، چند هسته‌ی دنباله‌دار و حتی سیارک‌ها در اختیار ما گذاشته‌اند. به‌علاوه، از مناطقی مانند قطب‌های خورشید عکس گرفته‌اند که هرگز از زمین دیده نمی‌شوند. آن‌ها مطالب بسیاری درباره‌ی منظومه‌ی شمسی به ما آموخته‌اند.



اولیس

کمک گرانشی

یک موشک یا شاتل فضاییْ کاوش‌گر را از زمین بلند می‌کند و در آغاز راه، در مدار زمین، آن را به سوی هدفش رها می‌کند. اگر کاوش‌گری برای رسیدن به هدف احتیاج به کمک بیش‌تری داشته باشد، از روشی به نام کمک گرانشی یا مانور قلاب‌سنگ استفاده می‌کند. این روش چنین است که فضاپیما ابتدا در مسیری به سوی سیاره‌ای دیگر قرار می‌گیرد. وقتی به آن سیاره رسید، از گرانش آن استفاده می‌کند، بر سرعت خود می‌افزاید و جهت حرکتش را هم تغییر می‌دهد. با آن‌که چنین مسیری بسیار طولانی‌تر از راه مستقیم به سوی هدف است، به سبب کمک از گرانش رایگان طبیعت، بسیار کم‌هزینه‌تر و منطقی‌تر است.



مسیرهای پرواز ویجر ۱ و ۲



کاوش‌گر ویجر

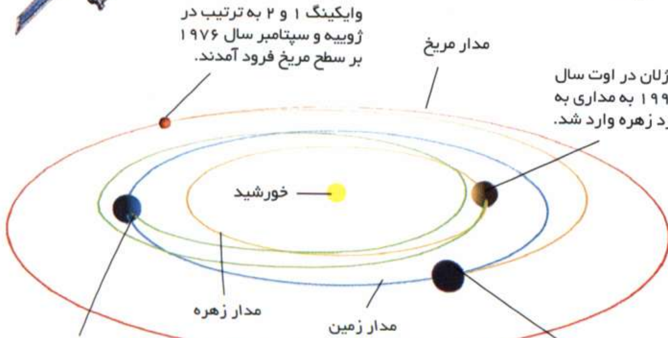
کاوش‌گرهای گذرنده

امکان دارد کاوش‌گرها فقط از کنار هدفشان گذر کنند یا در مداری به دور آن بگردند (مدارگرد)، یا بر سطح آن فرود آیند (سطح‌نشین). برخی کاوش‌گرها مسیری را دنبال می‌کنند که شامل بیش از یکی از این روش‌ها و بیش از یک هدف است. یک کاوش‌گر گذرنده هدفش را در حالی بررسی می‌کند که از کنارش می‌گذرد. این گذر معمولاً از فاصله‌ی چند هزار کیلومتری اتفاق می‌افتد. موفق‌ترین کاوش‌گرهای گذرنده تا به حال دو فضاپیمای هم‌سان ویجر ۱و ۲ بودند که بین سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۹ به کاوش مشتری، زحل، اورانوس و نپتون پرداختند و اکنون از مرزهای سیاره‌ای منظومه‌ی شمسی گریخته‌اند.

مدارگردها

کاوش‌گر مدارگرد به سوی سیاره یا قمری سفر می‌کند و سپس به مداری به گرد آن وارد می‌شود. زمانی که در موقعیت مناسب قرار گرفت، ابزارهای حساسش روشن می‌شوند و کاوش‌گر شروع به بررسی هدف می‌کند.


ماژلان



مسیرهای پرواز وایکینگ و ماژلان


وایکینگ

سطح‌نشین‌ها

تا به حال کاوش‌گرهایی بر سطح ماه، زهره، مریخ و قمر تیتان فرود آمده‌اند. کاوش‌گرهایی نیز با سطح دو سیارک اروس و ایتوکاوا تماس برقرار کردند و گلوله‌ی کاوش‌گری نیز به سطح هسته‌ی دنباله‌دار ویلت ـ ۲ (WILD_۲) برخورد کرده است. هر یک از دو کاوش‌گر وایکینگ، که به ملاقات مریخ رفتند، شامل یک مدارگرد و یک مریخ‌نشین بودند. زمانی که کاوش‌گر در مدار قرار می‌گیرد، بخش سطح‌نشین از بقیه‌ی آن جدا می‌شود. این بخش با استفاده از چترهای نجات، موشک‌های برعکس و روش‌های دیگر به آرامی بر سطح فرود می‌آید. کاوش‌گر مریخ‌نشین ره‌یاب، که مدارگردی به همراه نداشت، در سال ۱۹۹۷ بدون این‌که ابتدا وارد مداری شود، به کمک چتر نجات و توپ‌های ضربه‌گیر بادی دور تا دور آن، بر سطح مریخ فرود آمد. این کاوش‌گر روی سطح مریخ یک روبوت‌خودرو کوچک، به نام سوجرنر، رها کرد. در سال ۲۰۰۴ نیز دو مریخ‌نورد هم‌سان ناسا به نام‌های آپورتونیتی (فرصت) و اسپریت (روح) روی سیاره‌ی سرخ فرود آمدند.

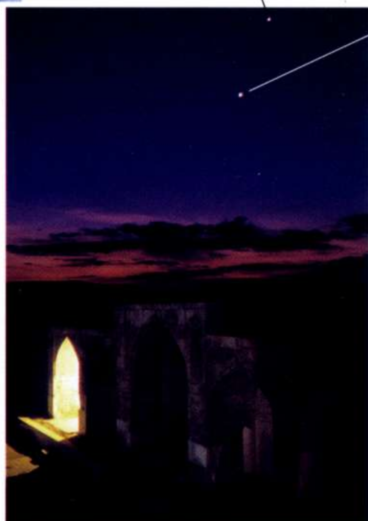
ابزارها و آزمایش‌ها

ممکن است کاوش‌گر فضایی دستورالعمل نوع و زمان انجام‌دادن مأموریت‌های خود را از زمین دریافت کند یا مأموریت‌های از پیش برنامه‌ریزی شده‌ی روی رایانه‌اش را انجام دهد. نیروی فضاپیما نیز از برق تولید شده در صفحه‌های خورشیدی یا یک ژنراتور هسته‌ای تأمین می‌شود. سامانه‌های هدایت، که فضاپیما و ابزارهای علمی آن را به کار می‌اندازند، بر فضاپیما سوارند.

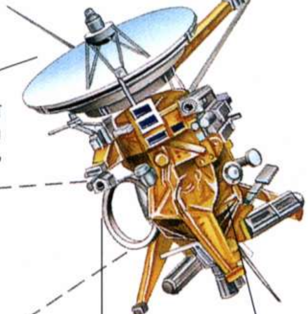
فضاپیمای مدارگرد کاسینی، که در سال ۱۹۹۷ پرتاب شد، حامل کاوش‌گری به نام هویگنس بود که بر سطح تیتان، بزرگ‌ترین قمر زحل، فرود آمد و به بررسی سطح و جوّ آن پرداخت.

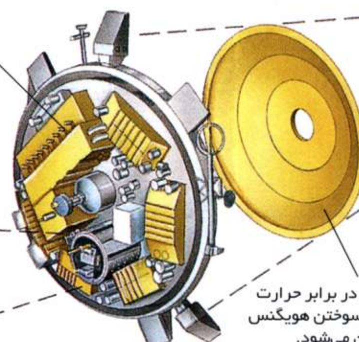
پیش از کاوش‌گرها

پیش از به کارگیری کاوش‌گرهای فضایی، اخترشناسان مجبور بودند به چشمان خود و تلسکوپ‌ها اتکا کنند. سیاره‌ها از دید چشم غیرمسلح کمی بیش از ستاره‌ای درخشان‌اند. دید چشم را می‌توان به کمک تلسکوپ بهبود بخشید؛ اما حتی با بهترین تلسکوپ‌های زمین نیز فقط می‌توان سطح یکی از سیاره‌های سنگی، مریخ، را دید و روشنایی و تاریکی‌های محوی را در وضعیت خاص بر سطح عطارد و به کمک دید فروسرخ بر سطح زهره تشخیص داد. با آن‌که می‌توان ساختارهای بزرگ جوّ سیاره‌ها گازی را با تلسکوپ‌های بزرگ دید، جزییات بسیار کمی از قمرها و حلقه‌های بسیار این سیاره‌ها دیده می‌شود. البته در دهه‌های اخیر علاوه بر مشاهده‌های زمینی، رادارها نیز با ارسال امواج و دریافت بازتاب از سطح سیاره‌های نزدیک، اطلاعات ارزش‌مندی به دریای اطلاعات و تصاویر فضاکاوها افزوده‌اند.



دو سیاره‌ی درخشان‌تر آسمان، زهره و مشتری، بر فراز کاروان‌سرای قصر بهرام در پارک ملی کویر. این دو از هر ستاره‌ای در آسمان شب پرنورترند.







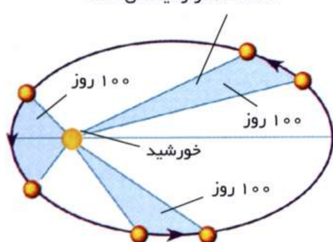
بیش‌تر بدانیم

موشک‌ها چگونه کار می‌کنند؟ ۴۴
پرتاب‌گرهای فضایی ۴۸
منظومه‌ی شمسی ۹۴
سطح زهره ۱۳۰
جست‌وجوی حیات در مریخ ۱۳۴
قمرهای زحل ۱۵۲

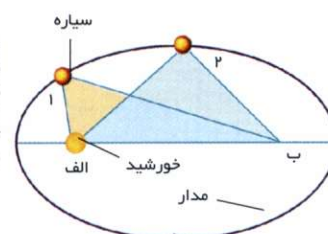
قوانین کپلر درباره‌ی حرکت سیاره‌ها

دانشمندان علوم فضایی بر پایه‌ی این قوانین، که یوهانس کپلر در اوایل قرن هفدهم میلادی تدوین کرد، مسیر کاوش‌گرهای فضایی و جایگاه دقیق سیاره‌ها و قمرها را محاسبه می‌کنند تا مطمئن باشند که کاوش‌گر در زمان مناسب به مکان مناسب می‌رسد.

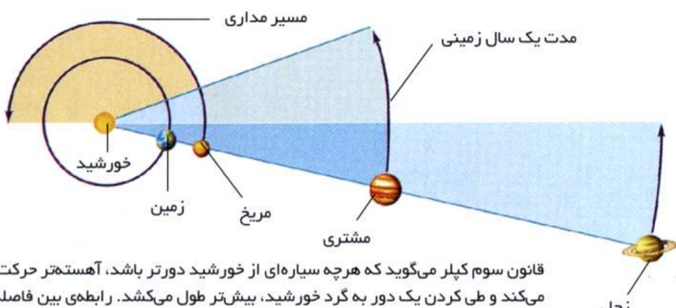
قوانین کپلر برای هر منظومه‌ی دیگر، میان قمرها و سیاره‌ها و هر جرمی که به دور دیگری می‌گردد، صدق می‌کند؛ چه در حالتی که مانند ستاره‌های دوتایی دو جرم نسبتاً همسان در گردش باشند و چه مانند خورشید و عطارد که تفاوت جرم یک به ده میلیون است.



قانون دوم کپلر یا قانون مساحت‌ها درباره‌ی سرعت حرکت سیاره توضیح می‌دهد: زمانی که سیاره به خورشید نزدیک‌تر است، سریع‌تر و وقتی دورتر است، کندتر حرکت می‌کند. این قانون از نظر ریاضی چنین است: اگر خطی از سیاره به خورشید وصل کنید و پس از مدتی، مثلاً ۱۰۰ روز، خط دیگری بکشید، همواره مساحت بین این خطوط یکسان خواهد بود؛ یعنی خط اتصال سیاره به کانون مدار در زمان‌های برابر، مساحت‌های برابری را در فضا جاروب می‌کند.



قانون اول کپلر می‌گوید که یک سیاره در مداری بیضی شکل به دور خورشید می‌گردد و خورشید در یکی از کانون‌های این بیضی قرار دارد. داخل هر بیضی دو کانون (الف یا ب) وجود دارد. مجموع فاصله از یک کانون (الف) تا هر نقطه‌ای روی بیضی (۱ یا ۲) و بازگشت به کانون بعدی (ب) همواره یکسان است.



قانون سوم کپلر می‌گوید که هرچه سیاره‌ای از خورشید دورتر باشد، آهسته‌تر حرکت می‌کند و طی کردن یک دور به گرد خورشید، بیش‌تر طول می‌کشد. رابطه‌ی بین فاصله و دوره‌ی تناوب مداری همواره یکسان است. به این ترتیب که مربع دوره‌ی تناوب (P^2 بر حسب سال زمینی) برابر است با مکعب فاصله‌ی متوسط سیاره از خورشید (A^3 بر حسب واحد نجومی). پس اخترشناسان برای محاسبه‌ی فاصله‌ی سیاره‌ای تا خورشید، فقط باید سرعت زاویه‌ای آن و در نتیجه دوره‌ی تناوب را بدانند.

کاوش‌گران منظومه‌ی شمسی

کاوش‌گرهای فضایی مهم در شناخت منظومه‌ی شمسی (ساخته‌ی ایالات متحده، به‌جز مواردی که کشور سازنده نوشته شده است)

نام	نوع	هدف	تاریخ ملاقات	دست‌آوردها
لونا ۱ (شوروی)	گذرنده	ماه	۱۹۵۹	نخستین کاوش‌گر انسان که از ۶۰۰ کیلومتری ماه گذشت.
پایونیر ۱۰	گذرنده	مشتری	۱۹۷۳	نخستین کاوش‌گری که از کمربند سیارک‌ها گذشت؛ تصاویر نمای نزدیک از مشتری
مارینر ۱۰	گذرنده	عطارد	۱۹۷۴ - ۱۹۷۵	نخستین فضاپیمایی که به عطارد رفت (دومی فضاپیمای مِسنجِر است که اکنون در اطراف عطارد است).
وِنرا ۹	مدارگرد و سطح‌نشین	زهره	۱۹۷۵	نخستین نماها از سطح زهره
وایکینگ ۱ و ۲	مدارگرد و سطح‌نشین	مریخ	۱۹۷۶	تصویربرداری از سطح مریخ؛ جست‌وجو به دنبال حیات
پایونیر ۱۱	گذرنده	زحل	۱۹۷۹	نخستین تصاویر با جزییات از زحل
جیوتو (اروپایی)	گذرنده	دنباله‌دار هالی	۱۹۸۶	نخستین نماها از هسته‌ی یک دنباله‌دار
ویجر ۱ و ۲	گذرنده	مشتری زحل اورانوس نپتون	۱۹۷۹ ۱۹۸۰ - ۱۹۸۱ ۱۹۸۶ ۱۹۸۹	جزییاتی از هر چهار سیاره‌ی بزرگ گازی و منظومه‌ی اقمار آن‌ها؛ ویجر ۲ نخستین کاوش‌گری بود که به ملاقات اورانوس و نپتون رفت.
گالیله	گذرنده و مدارگرد	سیارک‌های گاسپرا و آیدا/ مشتری	۱۹۹۱ ۱۹۹۵	نخستین گذر از کنار یک سیارک؛ کشف قمر سیارکی آیدا؛ و نخستین فضاپیما در مدار مشتری
ماژلان	مدارگرد	زهره	۱۹۹۵-۲۰۰۳	نقشه‌برداری راداری و عکس‌برداری فروسرخ از سطح سیارهٔ زهره
اولیس (اروپایی)	مدارگرد	خورشید	۱۹۹۰-۱۹۹۴	پس از عبور از کنار مشتری در سال ۱۹۹۲ انرژی کافی برای قرارگیری در مداری قطبی به دور خورشید گرفت و از سال ۱۹۹۴ سه بار از فراز دو قطب خورشید گذشته است.
کلمنتاین	مدارگرد	ماه	۱۹۹۴	نقشه‌برداری سطح ماه
ره‌یاب مریخ (PATHFINDER)	سطح‌نشین و سطح‌نورد	مریخ	۱۹۹۴	طی سه ماه فعالیت هزاران عکس از سطح مریخ فرستاد و خودرو کوچک آن، سوجرنر، نخستین مریخ‌نورد تاریخ بود.
نقشه‌بردار سراسر مریخ (MGS)	مدارگرد	مریخ	۱۹۹۷	نقشه‌برداری و عکس‌برداری از سطح مریخ
پویش‌گر ماه (LUNAR PROSPECTOR)	مدارگرد	ماه	۱۹۹۷-۲۰۰۶	نقشه‌بردار سطح ماه
نیِر-شومیکر	مدارگرد	سیارک اِروس	۱۹۹۸-۱۹۹۹	یک سال در مدار سیارک بود و در سال ۱۹۹۷ از کنار سیارک متیلدا گذشت.
فضای ژرف ۱ (DEEP SPACE 1)	گذرنده	دنباله‌دار بورلی	۲۰۰۰-۲۰۰۱	در سال ۱۹۹۹ بدون تصویربرداری از کنار سیارک بریلی گذشت و سپس از کنار هسته‌ی دنباله‌دار بورلی عبور کرد.
اُدیسه‌ی ۲۰۰۱ مریخ	مدارگرد	مریخ	۲۰۰۱	نقشه‌بردار سطح مریخ، جست‌وجوگر منابع زیرزمینی آب و منتقل‌کننده‌ی داده‌های مریخ‌نوردهای ناسا
جِنسیس	مدارگرد	نمونه‌برداری از باد خورشیدی و پرتو کیهانی	۲۰۰۱	کپسول حاوی ذرات در فرود به سطح زمین دچار حادثه شد؛ اما برخی اطلاعات به دست آمد.
مارس اکسپرس (اروپایی)	مدارگرد	مریخ	۲۰۰۱	نقشه‌بردار سطح و منابع یخ‌آب در زیر سطح مریخ، تصویربردار سه بُعدی
استارداست	گذرنده	دنباله‌دار ویلت - ۲	۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴	از کنار سیارک آن‌فرانک در سال ۲۰۰۲ و از گیسوی دنباله‌دار ویلت - ۲ در سال ۲۰۰۴ گذشت و کپسول حاوی ذرات گیسوی دنباله‌دار را در سال ۲۰۰۶ به زمین رساند.
مریخ‌نوردهای ناسا	سطح‌نورد	مریخ	۲۰۰۴	جفت مریخ‌نورد اسپریت و آپورتونیتی که بارها بیش‌تر از سه ماه فعالیت پیش‌بینی شده فعال ماندند و کیلومترها در دو سوی مخالف مریخ طی کردند. آنها به نشانه‌های آب در گذشته‌ی مریخ دست یافتند.
اسمارت ۱ (اروپا)	مدارگرد	ماه	۲۰۰۴	نقشه‌بردار سطح ماه
کاسینی - هویگنس (آمریکایی - اروپایی)	مدارگرد / سطح‌نشین	زحل / تیتان	۲۰۰۴	از زمان رسیدن به مدار زحل در ژوییه ۲۰۰۰ به بررسی این سیاره، حلقه و اقمار آن پرداخته و در دسامبر ۲۰۰۴ کاوش‌گر هویگنس را به سوی قمر تیتان فرستاد تا طی چند ساعت از جوّ و سطح آن داده‌برداری کند.
برخورد عمیق (DEEP IMPACT)	گذرنده و برخوردگر	دنباله‌دار تمپل - ۱	۲۰۰۴-۲۰۰۶	در نزدیکی هسته‌ی دنباله‌دار کاوش‌گر گلوله‌مانندی به سوی آن رها شد تا از ابر حاصل از انفجار برخورد، داده‌های بی‌نظیری حاصل شود.
هایابوسا (ژاپنی)	مدارگرد و سطح‌نشین	سیارک ایتوکاوا	۲۰۰۵	پس از ماه‌ها گردش به دور سیارک کوچک به سطحش رسید. اما روبوت سطح‌نشین کوچک فضاپیما از دست رفت. نمونه‌ی ذرات سطح سیارک برای بازگرداندن به زمین (احتمالاً در سال ۲۰۱۰) گرفته خواهد شد.
مدارگرد شناسایی مریخ (MRO)	مدارگرد	مریخ	۲۰۰۶	نقشه‌برداری بسیار دقیق مریخ و تعیین محل‌های مناسب برای کاوش‌های آینده
ونوس اکسپرس (اروپایی)	مدارگرد	زهره	۲۰۰۶	بررسی جوّ سیاره و محیط اطراف آن، کشف دو گردباد عظیم بر فراز قطب جنوب زهره

کاوش‌گرهای فضایی مهم در شناخت منظومه‌ی شمسی (ساخته‌ی ایالات متحده، به‌جز مواردی که کشور سازنده نوشته شده است)				
نام	نوع	هدف	تاریخ ملاقات	دست‌آوردها
ققنوس (PHOENIX)	سطح‌نشین	مریخ	۲۰۰۸	جست‌وجوی نشانه‌های آب و حیات ابتدایی در خاک منطقه‌ی قطبی مریخ که به مدت ۴ ماه انجام شد.
سلِن یا کاگویا (ژاپنی)	مدارگرد	ماه	۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹	نقشه‌بردار سطح ماه که پس از ۲۰ ماه کاوش طبق برنامه بر سطح ماه سقوط کرد.
چاندرایان - ۱ (هند)	مدارگرد و سطح‌نشین	ماه	۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹	حدود یک سال در مدار ماه به کاوش پرداخت و کاوش‌گر کوچکی را به سوی قطب جنوب ماه فرستاد تا با بررسی غبار و مواد پرتابی حاصل از سقوط آن به جست‌وجوی منابع آب بپردازد.
مدارگرد شناسایی ماه (LRO)	مدارگرد	ماه	۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵	از تابستان ۲۰۰۹ به بررسی ماه به کمک دوربین‌ها، طیف‌سنج‌ها و رادار مشغول است. برای نخستین بار نقشه‌ای سه بعدی از ماه تهیه می‌کند و تصاویر نمای نزدیک با جزییات بسیار زیاد می‌گیرد که برای سفرهای آینده‌ی انسان ضروری است.
LCROSS	مدارگرد و موشک برخوردی	ماه	۲۰۰۹	همراه مدارگرد بزرگ LRO از زمین پرتاب شد و در مدار متفاوتی به دور ماه قرار گرفت تا در مسیر برخورد با گودالی در قطب جنوب ماه قرار گیرد. موشک ۲ تنی قنطور از کاوش‌گر جدا شد و چند دقیقه قبل از آن بر سطح ماه سقوط کرد تا کاوش‌گر پیش از نابودی ابر غبار حاصل از برخورد را تحلیل کند. وجود یخ آب در بستر گودال‌های همیشه در سایه‌ی قطب ماه در این مأموریت تأیید شد.
پیام‌آور (MESSENGER)	مدارگرد	عطارد	۲۰۱۱ تا ۲۰۱۲	نقشه‌بردار و نخستین مدارگرد عطارد، در سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ از کنار زهره گذشت و در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ از کنار عطارد عبور کرد تا سرانجام در ۲۰۱۱ در مدار قرار بگیرد.
سپیده‌دم (DAWN)	مدارگرد	سیارک وستا و سیاره‌ی کوتوله‌ی سِرِس	۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵	در سال ۲۰۰۹ از کنار مریخ گذشت و در ۲۰۱۱ یک سال در مدار وِستا و در ۲۰۱۵ پنج ماه در مدار سِرِس قرار می‌گیرد.
آزمایشگاه علم مریخ (MSL)	سطح‌نورد	مریخ	۲۰۱۲	مریخ‌نورد بزرگ که در سال ۲۰۱۱ پرتاب می‌شود و نخستین فرود دقیق بر سطح مریخ را امتحان می‌کند. بررسی سنگ و خاک، جست‌وجوی آب و حیات احتمالی میکروبی اهداف اصلی آن است.
رُزتا (اروپایی)	مدارگرد و سطح‌نشین	دنباله‌دار چوریوموف - گراسیمنکو	۲۰۱۴ تا ۲۰۱۵	در سال ۲۰۰۷ از کنار مریخ و در سال ۲۰۰۸ از کنار سیارک اشتایتر گذشت در سال ۲۰۱۴ در مدار دنباله‌دار هدف قرار می‌گیرد و سطح‌نشین کوچک فیلا را نیز برای نمونه‌برداری از سطح دنباله‌دار می‌فرستد.
افق‌های نو (NEW HORIZONS)	گذرنده	پلوتون، کارُن و کمربند کویی‌پر	۲۰۱۵	در سال ۲۰۰۷ از کنار مشتری گذشت و در ۲۰۱۵ نخستین ملاقات کننده‌ی پلوتون دوردست و قمر آن است. سپس در کمربند کویی‌پر اهداف دیگری جست‌وجو می‌کند.



فضاپیمای رُزتا در سال ۲۰۱۴ میلادی به یک دنباله‌دار می‌رسد و کاوش‌گر کوچکی را به سوی هسته‌ی این کوه یخ فضایی می‌فرستد.



کاوش‌گر LCROSS موشکی ۲ تنی را با سرعت ۱۰ هزار کیلومتر بر ساعت به سوی قطب جنوب ماه فرستاد تا از بررسی مواد پرتابی، ردّ آب را در ماه پیدا کند.

تولّد منظومه‌ی شمسی

بیش‌تر اخترشناسان بر این باورند که همه‌ی اعضای منظومه‌ی شمسی، از خورشید غول‌پیکر تا کوچک‌ترین سیارک‌ها، از ابر عظیم و چرخانی از گاز و غبار به نام سحابی خورشیدی شکل گرفته‌اند. این فرآیند حدود ۵میلیارد سال پیش با شکل‌گیری خورشید آغاز شد. در حین پیدایش خورشید، سیاره‌ها و دیگر اجسام از مواد استفاده نشده‌ای مانند قرص گاز و غبار دور ستاره‌ی جنین، شکل گرفتند. وقتی بی‌شمار خُرده‌سنگ و صخره‌ی سنگی ـ یخی در لابه‌لای گاز و غبار سحابی خورشیدی شکل گرفت، باد ستاره‌ای نیرومند، ستاره‌ی نوزاد گاز و غبار را در فضای خارجی پخش کرد و دیگر اثری از سحابی اولیه باقی نماند.

۱ ابر عظیم و چرخانی از گاز و غبار در فضا کنار هم جمع شد تا سحابی خورشیدی را شکل دهد. این همان موادی بود که سرانجام منظومه‌ی شمسی از آن پدید آمد.

۲ ذرات گاز و غبار درون این قرص کنار هم جمع شدند تا ذرات دانه‌مانند بزرگ‌تری را شکل دهند.

۳ وقتی گرانش موجب انقباض سحابی خورشیدی شد، خورشید در مرکز ابر شکل گرفت و قرصی چرخان از مواد دورتر از آن باقی ماند.

قرص

خورشید

بادهای ستاره‌ای نیرومند خورشید تازه متولّد شده، مواد زاید را به اطراف پراکنده کرد. در حالی که خورشید نوزاد خود هنوز در حال فشرده شدن بود، قرص‌ماده‌ی پیرامون آن به حلقه‌هایی از ماده در مدارهای مجزا تبدیل شده بود که خُرده‌سیارک‌ها، نخستین اجسام سنگی بزرگ، درون این حلقه‌ها شکل گرفتند تا به مرور هسته‌های اولیه‌ی سیاره‌ها را بسازند.

دانه‌ها با هم برخورد می‌کنند تا ذرات سنگی بزرگ‌تری بسازند که سرانجام خُرده‌سیارک‌ها (سیاره‌سازها) را شکل دهند.

سحابی خورشیدی

با چرخش و خنک شدن این ابر عظیم، مواد به سوی مرکز ابر کشیده شدند. مرکز سحابی چگال‌تر و داغ‌تر شد و از گرمای خود می‌تابید و سرانجام آن‌قدر گرم شد که شروع به تولید انرژی از طریق هم‌جوشی هسته‌ای کرد؛ خورشید متولّد شده بود. در حین پیدایش خورشید، بقیه‌ی سحابی خورشیدی بر اثر چرخش به دور خود، از شکل توده‌ای کروی به شکل قرصی درآمدند و بیش‌تر شامل گازهای هیدروژن و هلیم، کمی غبار، سنگ، فلز و یخ بودند. مواد سنگی و فلزی نزدیک خورشید کنار هم جمع شدند تا سیاره‌های داخلی را شکل دهند. در آن محیط نزدیک‌تر به خورشید، بر اثر تابش و باد خورشیدی گاز کمتری در اطراف پیش‌سیاره‌ها جمع می‌شد و جوّ رقیقی (در مقایسه با سیاره‌های غول گازی) در اطراف آن‌ها شکل گرفت. در نواحی سردتر و دورتر، یخ یا سنگ و فلز هسته‌های اولیه‌ای ساختند که با ربودن گاز موجود در محیط، سیاره‌های خارجی غول‌پیکر را شکل دهند.

گرانش با چنان نیرویی هسته‌ی ستاره را منقبض می‌کند که ستاره، موج‌ضربه‌ای قوی به فضا می‌فرستد.

موج‌ضربه‌ی اَبَرنواختر

ستاره‌های پُرجرم در پایان عمر با انفجار اَبَرنواختری از بین می‌روند. در اَبَرنواخترها هسته‌ی ستاره بر سر خود فرومی‌ریزد (می‌رُمبَد) و موج‌ضربه‌ای عظیم و قدرت‌مند ایجاد می‌کند که در محیط میان‌ستاره‌ای به حرکت درمی‌آید و گاز میان‌ستاره‌ای را در همسایگی خود آشفته و آماده‌ی ستاره‌سازی می‌کند. برخی اخترشناسان بر این باورند که انقباض اولیه‌ی سحابی خورشیدی احتمالاً نتیجه‌ی موج‌ضربه‌ای از یک اَبَرنواختر نزدیک بوده است.

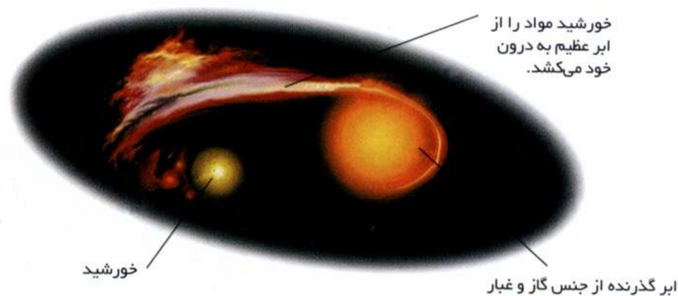
شکل‌گیری سیاره‌ها (بر اساس یکی از مدل‌های شبیه‌سازی شده)

سیاره	ساخته شده از	جرم حلقه‌ی سازنده در قرص اولیه (زمین = ۱)	جرم فعلی سیاره (زمین = ۱)	مدت تقریبی شکل‌گیری به سال
عطارد	سنگ، فلز	۳۰	۰/۰۶	۸۰/۰۰۰
زهره	سنگ، فلز	۱۶۰	۰/۸۲	۴۰/۰۰۰
زمین	سنگ، فلز	۲۰۰	۱/۰۰	۱۱۰/۰۰۰
مریخ	سنگ، فلز	۲۰۰	۰/۱۱	۲۰۰/۰۰۰
مشتری	گاز، سنگ، فلز، یخ	۴۰۰۰	۳۱۸	یک میلیون
زحل	گاز، سنگ، فلز، یخ	۴۰۰	۹۵/۱۶	۹ میلیون
اورانوس	گاز، سنگ، فلز، یخ	۸۰	۱۴/۵۴	۳۰۰ میلیون
نپتون	گاز، سنگ، فلز، یخ	۱۰۰	۱۷/۱۵	یک میلیارد
پلوتون	یخ، سنگ، فلز	–	۰/۰۰۲	یک میلیارد

بیش‌تر جرم موجود در قرص اطراف خورشید نوزاد بر اثر بادهای خورشیدی قوی و نیروهای کشندی گرانشی در فضای خارجی پخش شدند و فقط بخش جزئی از آن به صورت سیاره‌ها و خُرده‌سیاره‌ها باقی ماندند.

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴، اعضای خُرد ۱۶۰، چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰
جایی که ستاره‌ها متولّد می‌شوند ۱۹۲، دیگر منظومه‌های شمسی ۱۹۸، اَبَرنواخترها ۲۰۴



نظریه‌ی تسخیر

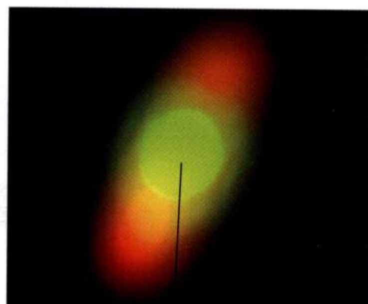
همه‌ی اخترشناسان با این نظر موافق نیستند که سیاره‌ها و دیگر اجسام، هم‌زمان با خورشید و از همان ابر موادی که خورشید را ساخته است، به‌وجود آمده‌اند. نظریه‌ی نه چندان پُرطرفدار تسخیر چنین می‌گوید که گرانش خورشید جوان، بخشی از ابر گاز و غبار عظیمی را، که از نزدیکی خورشید می‌گذشته، به سوی خود جذب کرده است. سرانجام این ابر به ابرهای کوچکی تقسیم شد که هر یک منقبض شدند و سیاره‌ای را شکل دادند.

تولّد سیاره‌ها

سیاره‌ها ۴/۶ میلیاد سال پیش آغاز به شکل‌گیری کردند. به‌جز پلوتون، هر سیاره‌ی اصلی از توده‌ای حلقه‌شکل از مواد به دور خورشید تشکیل شد (پلوتون و دیگر خُرده‌های کوچک و بزرگ از باقی‌مانده‌ها شکل گرفتند). در جریان شکل‌گیری سیاره‌ها، ذرات ریز به هم چسبیدند و تکه‌هایی به اندازه‌ی دانه‌های غلات شکل دادند. سپس ریگ و قلوه‌سنگ‌ها و تکه یخ‌ها و سرانجام بر اثر برخوردهای تصادفی اجسام بزرگ‌تری به نام خرده‌سیارک‌ها یا سیاره‌سازها شکل گرفتند. این اجرام اولیه به پهنای یک یا چند کیلومتر، که به قدر کافی جرم داشتند، به جای بزرگ شدن در پی برخوردهای تصادفی با سنگ‌های پراکنده، با نیروی گرانش اندک خود، مواد بیش‌تر و بیش‌تری را جذب کردند و به مرور برخی از آن‌ها هسته‌های اولیه‌ی سیاره‌ها را شکل دادند.

دیگر منظومه‌های شمسی

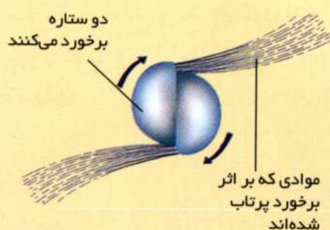
از دهه‌ی ۱۹۸۰، اخترشناسان تعداد فزاینده‌ای منظومه‌ی ستاره‌ای دیگر یافتند. به نظر می‌رسد ستاره‌های جوانی که قرصی از گاز و غبار آن‌ها را احاطه کرده است، مانند ستاره‌ی پُرنور فم‌الحوت یا ستاره‌ی بتا ـ سه پایه در نخستین مراحل شکل‌گیری سیاره‌ها به‌سر می‌برند. در سال‌های اخیر، علاوه بر کشف قرص‌های اولیه‌ی بسیاری در اطراف ستاره‌های جوان، اخترشناسان ستاره‌هایی نیز پیدا کرده‌اند که سیاره‌های کاملاً تکامل‌یافته‌ای به دور آن‌ها در گردش‌اند (منظومه‌های فراخورشیدی). با آن‌که نتوانسته‌ایم بیش‌تر این سیاره‌های کم‌فروغ را در کنار درخشش ستاره‌ی مادر ببینیم، اثر وجود آن‌ها را در نور و ویژگی‌های طیفی ستاره تشخیص داده‌ایم.


ستاره‌ی HR۴۷۹۶A درون قرص غبار

نظریه‌های منشأ

• در سال ۱۷۹۶، پیر لاپلاس نظریه‌ی سحابی را بر مبنای ریاضی مطرح کرد: منظومه‌ی شمسی از تخت شدن سحابی چرخانی شکل گرفته است. ابتدا خورشید شکل گرفت و مواد باقی‌مانده، سیاره‌ها را شکل دادند.

• در قرن نوزدهم، چند نظریه درباره‌ی وقوع برخورد وجود داشت. یکی بر این باور بود که برخورد دنباله‌داری، مواد سیاره‌ای را از خورشید بیرون کشیده است. دیگری چنین عنوان می‌کرد که سحابی خورشیدی از برخورد دو ستاره با هم شکل گرفته است. اما هیچ یک از این نظریه‌ها، پایه‌های محکمی مانند نظریه‌ی سحابی نداشتند.



نظریه برخورد ستاره‌ها

• در سال‌های ۱۹۱۷ تا ۱۹۱۸، اخترشناسان انگلیسی، جیمز جینز (۱۹۴۶ - ۱۸۷۷) و هَرولد جفریز (۱۹۸۹ - ۱۸۹۱)، نظریه‌ی نیروهای کشندی (جزر و مدی) را مطرح کردند: این‌که ستاره‌ای گذرنده از نزدیکی خورشید موادی را از دل خورشید بیرون کشیده که سیاره‌ها از آن شکل گرفتند. با آن‌که این نظریه سال‌ها مورد قبول بود، بعدها کنار گذاشته شد.

سیاره‌های سنگی، مانند عطارد، در زمان جوانی مذاب بودند. هر یک از آن‌ها زیر پوسته‌ی سنگی خود هسته‌ای فلزی دارند.

حلقه‌هایی که سیارات را تشکیل دادند.

بقایای شکل‌گیری منظومه‌ی شمسی بیش‌تر از سنگ‌های فضایی، معروف به سیارک‌ها و خرده‌سیاره‌هایی از یخ و غبار، به نام دنباله‌دارها تشکیل شده‌اند.



سنگ‌ها و فلزات بین مریخ و مشتری به سیاره تبدیل نشدند؛ اما در عوض کمربند سیارک‌ها را تشکیل دادند.

۴ خُرده‌سیارک‌ها به هم می‌پیوندند تا اجسام بزرگ‌تری به نام پیش‌سیاره را شکل دهند. این‌ها هم به هم می‌پیوندند تا سیاره‌های سنگی، مانند عطارد، زهره، زمین و مریخ را شکل دهند.

۵ در نواحی خارجی‌تر قرص غبار هم پیش‌سیاره‌هایی شکل گرفتند. آن‌ها همین طور که بزرگ می‌شدند، با گرانش قدرت‌مند خود مقادیر عظیمی از گاز را جذب کردند و سیاره‌های غول گازی، یعنی مشتری، زحل، اورانوس و نپتون را شکل دادند.

۶ پلوتون و دیگر خُرده‌سیاره‌های کوچک و بزرگ از موادی شکل گرفتند که در غول‌های گازی مصرف نشدند. تکه‌های باقی‌مانده‌ی غبار، سنگ و یخ به درون خورشید کشیده و نابود شدند یا به بیرون از منظومه‌ی شمسی پرتاب گردیدند. بسیاری از آن‌ها ابراورت، خانه‌ی دنباله‌دارها، را تشکیل دادند.

غول‌های گازی، مانند زحل، ابتدا هسته‌ای صُلب بودند و سپس مقدار عظیمی جوّ به دور آن جمع کردند.

زمین

بیگانه‌ای که به دیدار منظومه‌ی شمسی بیاید، با گوناگونی فوق‌العاده‌ای از انواع دنیاها برای کاوش روبه‌رو می‌شود؛ از حلقه‌های زحل تا آتش‌فشانی زهره. اما سومین سیاره از خورشید بیش از همه نظر مسافر فضایی را به خود جلب خواهد کرد؛ سیاره‌ای به رنگ آبی لاجوردی در زمینه‌ی مشکی فضا که درست در «کمربند حیات» منظومه‌ی شمسی، نه خیلی نزدیک به خورشید و نه خیلی دور از آن قرار دارد. این سیاره ترکیبی از بسیاری از عارضه‌های دیگر سیاره‌ها، به اضافه‌ی عوارضی منحصر به خود را یک‌جا دارد. زمین مانند زهره و مریخ آتش‌فشان، مانند عطارد دهانه‌های برخوردی و مانند مشتری و دیگر سیاره‌های گازی توفان‌های جوّی دارد. البته تنها سیاره‌ای است که آب مایع و یخ را هم‌زمان دارد؛ تنها سیاره‌ای است که جوّش غنی از اکسیژن است و تا آن‌جا که می‌دانیم، تنها سیاره‌ای است در منظومه‌ی شمسی که حیات در آن وجود دارد.



سیاره‌ی دوتایی

سومین سیاره از خورشید، همان‌طور که در این تصویر فضاپیمای گالیله می‌بینید، سیاره‌ای دوتایی به‌نظر می‌رسد. قطر قمر زمین یک‌چهارم اندازه‌ی خود سیاره است؛ یعنی ماه، پس از پلوتون و کارن، بزرگ‌ترین قمر در مقایسه با سیاره‌اش در منظومه‌ی شمسی است. اما این دو دنیا بسیار متفاوت‌اند؛ زمین سرزنده و پُرجُنب و جوش است؛ در حالی که ماه یک‌نواخت و مرده است.

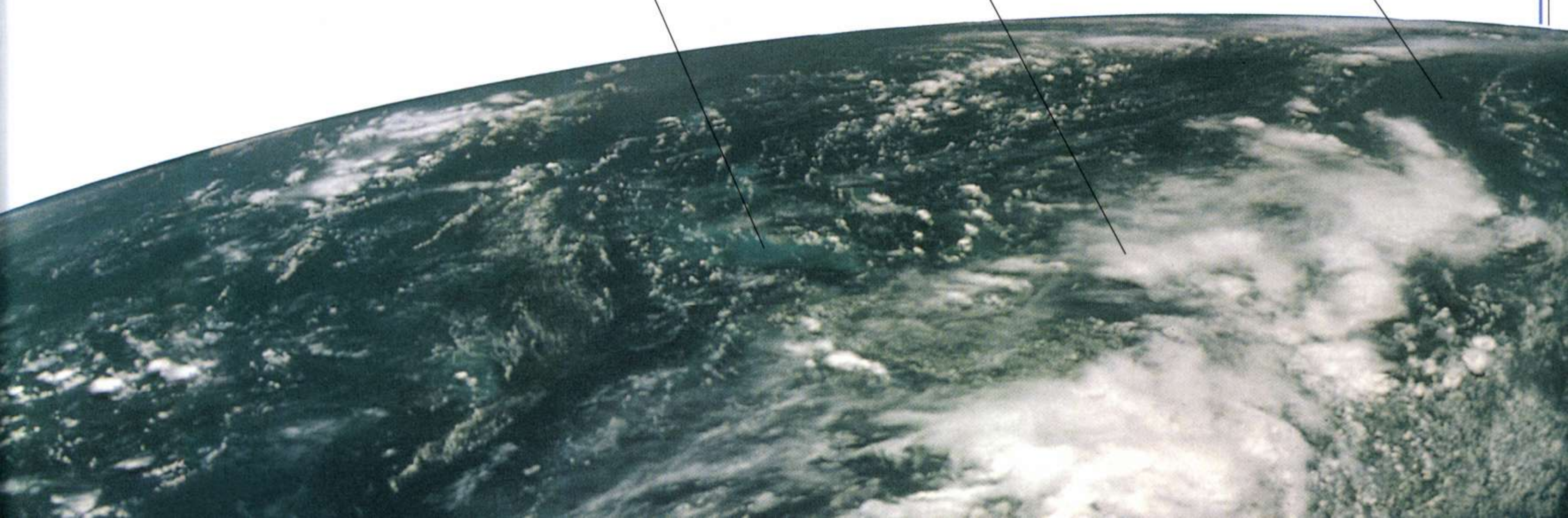
سیاره‌ی آبی

زمین، از فضا، مانند جواهری آبی رنگ می‌درخشد. رنگ آبی زیبای زمین به سبب مقدار عظیم آب روی سطح آن است (۷۱درصد سطح زمین). زمین تنها سیاره‌ای است که فشار جوّی مناسب و دمای سطحی دربازه‌ی صفر تا صد درجه‌ی سانتی‌گراد دارد و بنابراین، آب به صورت مایع روی سطح آن پیدا می‌شود. روی سطح عطارد و زهره، که به خورشید نزدیک‌ترند، آب به بخار تبدیل می‌شود و روی مریخ دوردست، یخ می‌زند و حتی زمانی که دما اندکی به بالای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد، فشار جوّی کافی وجود ندارد که آب مایع شود.

نشانه‌های حیات

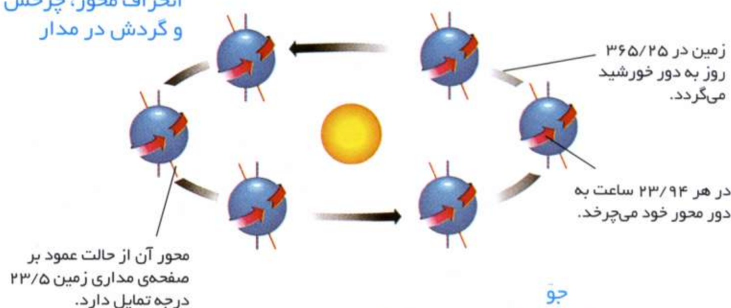
وقتی از فضا نگاه کنید، زمین تنها سیاره‌ای است که نشانه‌هایی محکم از حیات روی آن دیده می‌شود. این نشانه‌ها گستره‌ی وسیعی دارند؛ از پوشش گیاهی که با تغییر فصل تغییر می‌کند و اکسیژن موجود در جوّ تا علایم رادیویی مصنوعی و نورهای فروزان تمدن بشر در شب. ساختارهای مصنوعی، حتی دیوار بزرگ چین، به سادگی از فضا دیده نمی‌شود.

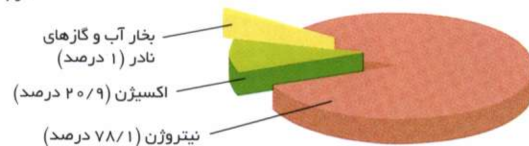


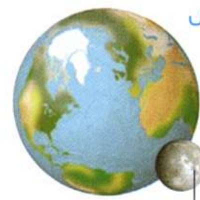


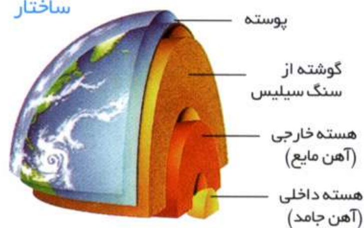
زمین در یک نگاه

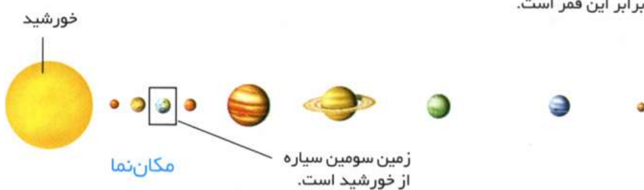
زمین بزرگ‌ترین سیاره‌ی سنگی است. تنها سیاره‌ای است که می‌دانیم پوسته‌ی آن از صفحه‌های تکه‌تکه و در حال حرکت تشکیل شده است و در جوّ آن اکسیژن و روی سطحش آب مایع و حیات وجود دارد.





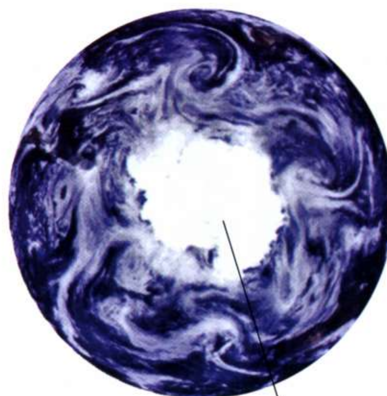






یخ

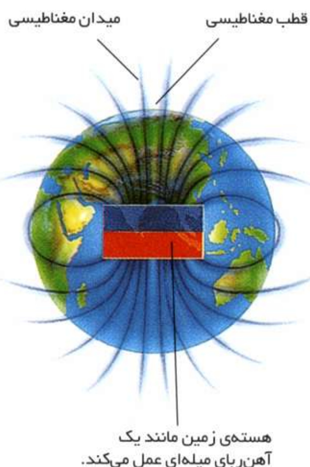
بیش از یک‌دهم سطح زمین، بیش‌تر در کلاهک‌های یخی قطب‌ها، پوشیده از یخ است. دیگر سیاره‌ها، مانند مریخ نیز، کلاهک‌های یخی قطبی دارند؛ اما فقط روی زمین آب مایع و یخ کنار هم وجود دارند. کلاهک‌های یخی در زمستان هر نیم‌کره رشد می‌کنند و در تابستان، که کوه‌های عظیم یخ می‌شکنند و به اقیانوس‌های اطراف می‌پیوندند، کوچک می‌شوند.



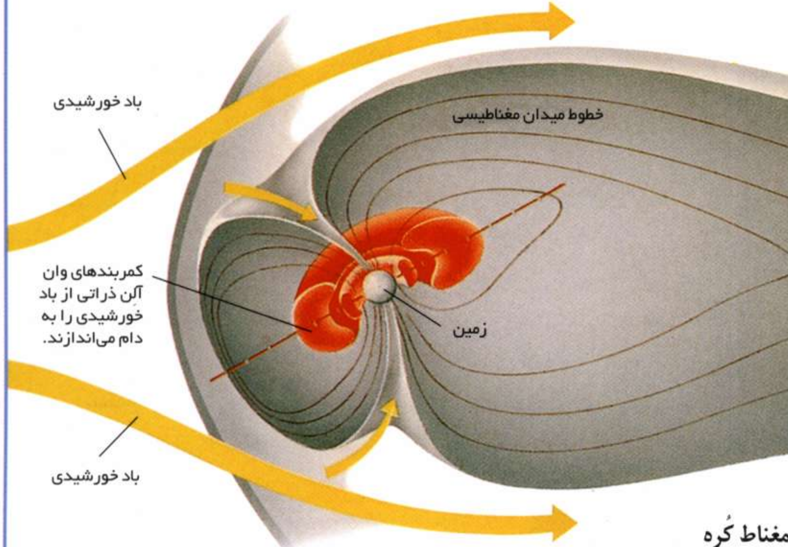
کلاهک یخی جنوبگان (قطب جنوب) از فضا.

آهن‌ربایی به نام زمین

زمین، در مقایسه با اندازه‌ی کوچک آن، قوی‌ترین میدان مغناطیسی را در جمع سیاره‌ها دارد. منشأ این مغناطیس در هسته‌ی داغ و پویای زمین است؛ جایی که جریان‌های چرخان آهن مذاب میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی تولید می‌کنند. با گذر زمان، این نیروی مغناطیسی جهت خود را تغییر می‌دهد و به همین سبب، قطب‌های مغناطیسی جابه‌جا می‌شوند. در حال حاضر، قطب‌های مغناطیسی کمتر از ۲هزار کیلومتر از قطب‌های شمال و جنوب جغرافیایی فاصله دارند.



هسته‌ی زمین مانند یک آهن‌ربای میله‌ای عمل می‌کند.



مغناط کُره

میدان مغناطیسی زمین تا دوردست‌ها در فضا کشیده شده و «حباب مغناطیسی» عظیمی را اطراف سیاره‌ی ما پدید آورده است. این حباب بر اثر رویارویی با ذرات باردار باد خورشیدی، کشیده شده و شکل اشک چشم به خود گرفته است. در نتیجه، این مغناط کُره‌ی زمین را از آثار ذرات پُرانرژی و پُرسرعت باد خورشیدی حفظ می‌کند. برخی ذرات در دو ناحیه‌ی نزدیک زمین، به نام کمربندهای مغناطیسی وان آلِن، به دام می‌افتند. بقیه به سوی قطب‌های مغناطیسی جاری می‌شوند و بر اثر برخورد با ملکول‌های گاز، جوّ را روشن می‌کنند. به این پدیده شفق قطبی می‌گویند.

شناسنامه	
قطر	۱۲۷۵۶ کیلومتر
متوسط فاصله از خورشید	۱۴۹/۶ میلیون کیلومتر
سرعت مداری به دور خورشید	۲۷/۷۹ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور خورشید)	۳۶۵/۲۵ روز
فاصله‌ی زمانی دو طلوع خورشید (شبانه‌روز)	حدود ۲۴ ساعت
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	حدود ۲۴ ساعت
جِرم (زمین = ۱)	۱
حجم (زمین = ۱)	۱
چگالی متوسط (آب = ۱)	۵/۵۲
گرانش سطحی (زمین = ۱)	۱
تمایل محوری (از حالت عمود به صفحه‌ی مداری)	۲۳/۴°
انحراف مداری (از دایرةالبروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۰
دمای متوسط سطحی	۱۵ درجه سانتی‌گراد
تعداد قمرها	۱

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴، ماه ۱۱۰، عطارد (تیر) ۱۲۲، زهره (ناهید) ۱۲۶، مریخ (بهرام) ۱۳۲
زمین چرخان ۲۶۲، مدار زمین ۲۶۴، شفق‌های قطبی و هاله‌ها ۲۸۴

سطح زمین

سطح زمین، شکل خود را از نیروهای زمین‌شناختی‌ای گرفته که در سیاره‌ی دیگری کشف نشده است. سطح سیاره‌ی ما منحصربه‌فرد است. پوسته (خارجی‌ترین لایه‌ی زمین) به بخش‌های عظیمی به نام صفحه تقسیم می‌شود که همواره روی گوشته (جُبّه) در حال حرکت‌اند. پس نقشه‌ی امروز زمین فقط تصویری مقطعی از دنیای در حال تغییر ماست. این صفحه‌های متحرک (صفحه‌های تکتونیک) بر لایه‌ای از سنگ تقریباً مذاب شناورند و وقتی با هم برخورد می‌کنند یا از هم دور می‌شوند، پوسته‌ی سطحی در آن ناحیه نابود یا از نو ساخته می‌شود. این نیروها سنگ‌های زمین را به‌طور مداوم جای‌گزین می‌کنند. به این ترتیب، بیش‌تر بخش‌های سطح زمین جوان‌تر از ۲۰۰میلیون سال است.



دلتای رود گنگ

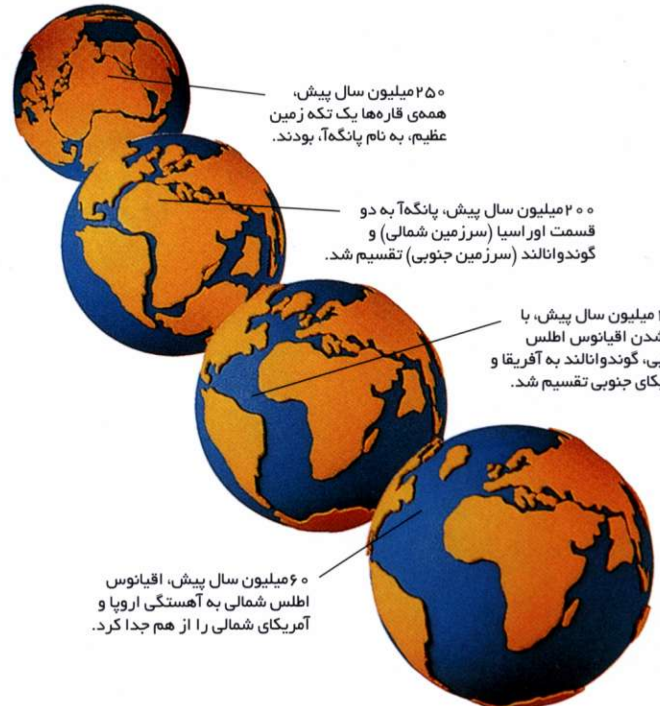
سنگ‌های رسوبی

گل و لایی که رود بزرگی مانند گنگ با خود می‌شوید، زیر فشار دریا به سنگ صُلبی تبدیل می‌شود که ممکن است دوباره به شکل کوهستانی بیرون بزند. این سنگ‌های رسوبی در اثر فرسایشی به‌وجود می‌آیند که رودها، یخچال‌ها، باد یا امواج در پوسته‌ی زمین ایجاد می‌کنند.



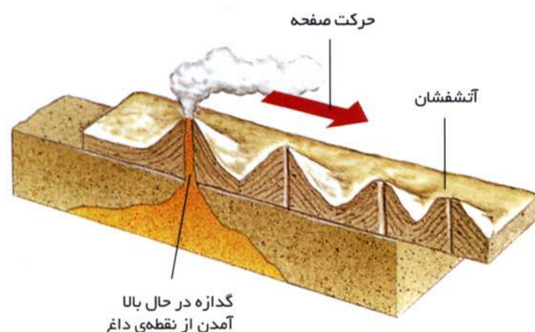
زمین‌ساختِ صفحه‌ای

اگر اقیانوس‌ها را کنار بزنیم، سیاره‌ای عجیب رخ نشان می‌دهد. سطح زمین را نیرویی حاصل از حرکت پاره‌صفحه‌هایی زیر پوسته شکل می‌دهد. به این ساختار، زمین‌ساخت صفحه‌ای (صفحه‌های تکتونیک) می‌گویند. هشت صفحه‌ی اصلی و بسیاری صفحه‌های کوچک‌تر وجود دارند. برخی از آن‌ها فقط شامل بستر اقیانوس‌ها هستند؛ در حالی که بقیه شامل قاره‌ها نیز می‌شوند. لبه‌ی صفحه‌ها و محل برخورد آن‌ها با تَرَک‌های عظیم، رشته‌کوه‌های پیچ‌درپیچ، رشته‌های آتش‌فشانی و مناطق زلزله‌خیز مشخص می‌شود.



قاره‌های شناور

قاره‌ها، که بر پشت صفحه‌های متحرک حمل می‌شوند، با سرعت رشد ناخُن دست، به تدریج روی سطح زمین جابه‌جا می‌شوند. در این فرآیند، قاره‌ها از هم دور و به هم نزدیک می‌شوند. هند، آفریقا، استرالیا و قطب جنوب زمانی بخشی از یک قاره بودند. بعدها هند با آسیا برخورد کرد و در آن ناحیه، رشته کوه عظیم هیمالیا سر برآورد که با فشار بر صفحه‌ی اروپا ـ آسیا هنوز هم به کُندی در حال مرتفع شدن است.



آتش‌فشان‌های نقاط داغ

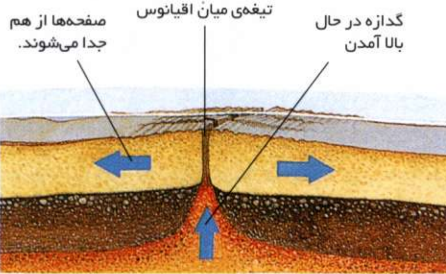
جزایر آتش‌فشانی هاوایی حاصل جریانی از گدازه‌ی داغ در اعماق زمین هستند که به صورت یک «نقطه‌ی داغ» به سطوح بالایی رسیده‌اند. صفحه‌ی اقیانوس آرام (صفحه‌ی پاسیفیک)، در حال حرکت، جزیره را به جلو رانده و بنابراین نقطه‌ی داغ، که راه نفوذش سد شده است، باید دوباره به صورت آتش‌فشانی جدید، پوسته را بشکند و از جایی جدید بیرون بزند و مخروط آتش‌فشانی تازه‌ای ایجاد کند.


طاق طبیعی «در دوردل» در انگلستان زمانی شکل گرفته است که امواج، سنگ‌های نرم را فرسوده‌اند.

در دوردل

جایی که صفحه‌ها از هم جدا می‌شوند

جایی که دو صفحه از هم جدا می‌شوند، گدازه‌ی تازه از زیر بالا می‌آید تا تَرَک عظیم را پُر کند و رشته کوه پیچ‌درپیچی بسازد. این ناحیه را به نام تیغه‌ی میان‌اقیانوسی می‌شناسیم زیرا مرز اتصال بین صفحه‌ها، بخشی از بستر اقیانوس را شکل می‌دهد. تیغه‌ی میان‌اقیانوسی اطلس طویل‌ترین رشته کوه روی زمین است. مرتفع‌ترین قله‌های آن هم‌چون جزایری، مانند ایسلند، جزیره‌ی اَسِنشِن و تریستان داچونا، سر برآورده‌اند.



تیغه‌ی میانِ اقیانوس


کوه‌های آلپ

قاره‌های برخوردکننده

رشته کوه‌های آلپ حاصل برخورد بین دو قاره است. وقتی صفحه‌ی آفریقا به سوی شمال رفت، با صفحه‌ی اروپا ـ آسیا برخورد کرد و این رشته کوه شکل گرفت.

صفحه‌ی اروپا ـ آسیا

صفحه‌ی پاسفیک (اقیانوس آرام)

صفحه‌ی فیلیپین

صفحه‌ی هند ـ استرالیا

هیمالیا

حلقه‌ی آتش

ژرفنای آلوشین

هاوایی

ژرفنای ماریانا

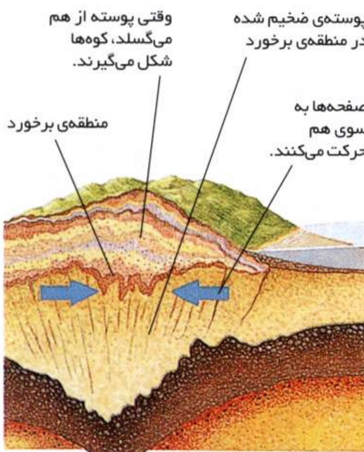
ژرفنای جاوا

ژرفنای تونگا

حلقه‌ی آتش

برآمدگی شرق اقیانوس آرام

جزایر هاوایی



قاره‌های برخوردکننده

جهان در حال پخش شدن

• در سال ۱۹۲۴، هواشناس آلمانی، آلفرد وگنر (۱۹۳۰ - ۱۸۸۰)، اعلام کرد که قاره‌ها در حال از هم گسستن‌اند.

• در سال ۱۹۶۰، زمین‌شناس آمریکایی، هَری هس (۱۹۶۹ - ۱۹۰۶)، نظریه‌ی زمین‌ساخت صفحه‌ای را مطرح کرد که در سال ۱۹۶۳ با شناخت گسترش بستر اقیانوس هند به اثبات رسید.

بیش‌تر بدانیم

تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰، قمرهای مشتری ۱۴۶

جایی که صفحه‌ها به هم می‌رسند

رشته کوه‌های آند بخشی از زنجیره‌ای آتش‌فشانی یا حلقه‌ی آتش است که دور تا دور اقیانوس آرام را فراگرفته است. وقتی آمریکای جنوبی به سوی غرب حرکت کرد، به صفحه‌ای نازک برخورد و روی آن پیش رفت. این فرآیند، که به «فرورانش» معروف است، به سنگ‌های بستر اقیانوس فشار می‌آورد که به زیر قاره بروند. در آن‌جا حرارت زمین، آن‌ها را ذوب می‌کند و به صورت آتش‌فشان بالا می‌زنند.




حوضچه‌های آتشفشانی در کوه‌های آند

جوّ زمین

سیاره‌ی زمین را لایه‌ای نازک از گاز، به نام جوّ، فراگرفته است که سطح سیاره را از خشونت فضا در امان نگه‌می‌دارد. در مقایسه با اندازه‌ی زمین، جوّ آن به نازکی پوست سیب است. اما مکانی بسیار شلوغ و پویاست. هوای جوّ از یک سو حرارت نایکسانی را از خورشید دریافت می‌کند و از سویی، به سبب چرخش زمین، در حال چرخش است. بنابراین، به صورت الگوهای چرخان دائماً متغیر درمی‌آید. جوّ زمین پیچیده‌ترین و پیش‌بینی‌ناپذیرترین جوّ در میان سیاره‌ها منظومه‌ی شمسی است. این جوّ پوششی ضروری برای حیات روی زمین است؛ زیرا دمای سیاره را در حدّ مطلوب نگه می‌دارد و سطح آن را از تابش‌های خطرناک در فضا حفظ می‌کند.



ایستگاه فضایی میر

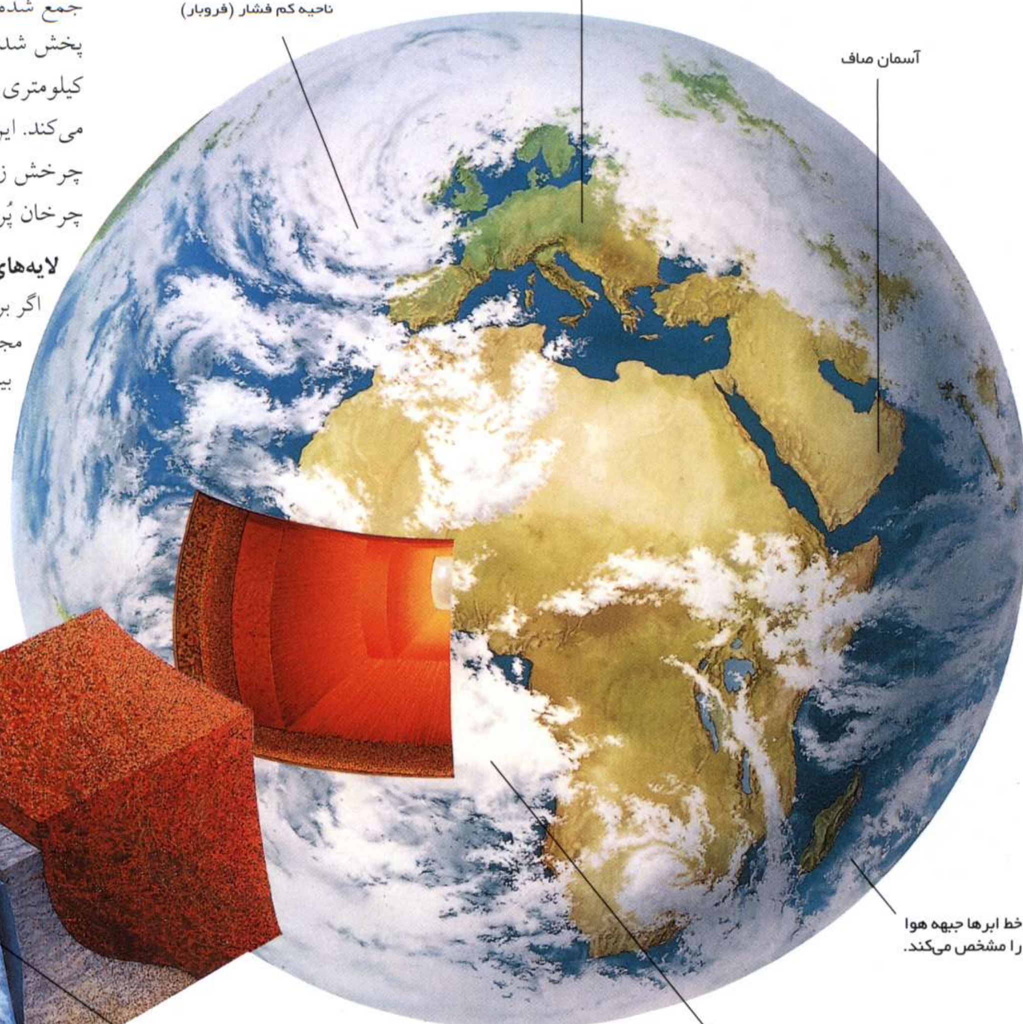
جوّ زمین هیچ مرز بلندی ندارد و کم‌کم رقیق و در فضا محو می‌شود. در نتیجه، ماهواره‌هایی مانند میر، در حقیقت درون جوّ زمین در گردش‌اند و مقاومت هوا به مرور از سرعت آن‌ها می‌کاهد. اگر این ماهواره‌ها به حال خود رها شوند، سرانجام آن‌قدر مدارشان سقوط می‌کند که در جوّ می‌سوزند. این اتفاقی است که در پایان مأموریت ایستگاه میر (سال ۲۰۰۱) به صورت هدایت شده رخ داد.

ساختار جوّ

جوّ زمین مخلوطی از گازها (عموماً اکسیژن و نیتروژن)، آب و غبار است. جوّ چند صد کیلومتر ضخامت دارد؛ اما نمی‌توان هیچ مرز تیزی برای آن تعیین کرد و در حقیقت، در ارتفاعات رقیق و در فضا محو می‌شود. حدود ۹۰درصد از گاز جوّی در همان ۱۰ کیلومتر ابتدا (تروپوسفر یا گشت‌کره) جمع شده است. لایه‌های محسوس جوّی تا ارتفاع حدود ۱۰۰ کیلومتری پخش شده‌اند و پس از آن جوّ بسیار رقیق است و تا ارتفاع ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتری ردیابی می‌شود. در سطح زمین، جوّ چرخانْ، بادهای قوی تولید می‌کند. این بادها به شکل‌هایی می‌وزند که مستقیماً به حرارت خورشید و چرخش زمین بستگی دارد. در میان سامانه‌های اصلی بادساز، بیضی‌های چرخان پُرفشار (فرابار) و کم فشار (فروبار) وجود دارند.

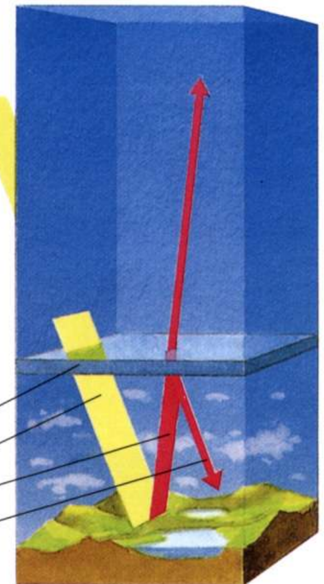
لایه‌های جوّ

اگر برشی عمودی از جوّ زمین جدا کنیم، درمی‌یابیم که از چند لایه‌ی مجزا تشکیل شده است: گشت‌کُره، پوش‌کُره، میانْکُره، گرماکُره و بیرون کُره. با افزایش ارتفاع، هوا رقیق‌تر می‌شود؛ اما دما متغیرتر است. در گشت‌کره، دما با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد؛ زیرا هوایی که به سوی بالا می‌رود، منبسط و خنک می‌شود. پوش‌کُره گرم‌تر از لایه‌های بالایی پوش‌کره است. چون پرتو فرابنفش خورشید را جذب می‌کند. گرماکُره از پرتوهای ایکس خورشید، حرارت دریافت می‌کند.



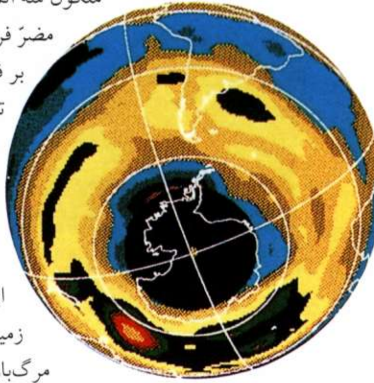
اثر گل‌خانه‌ای

زمین، بدون جوّ، ۳۰ درجه سردتر بود؛ دمایی چنان کم که همه‌چیز و همه‌جا یخ می‌زد. هوا حرارت را مانند یک گل‌خانه نگه‌می‌دارد: نور خورشید از هوا می‌گذرد، به زمین می‌تابد و آن را گرم می‌کند. اما تمام نور فروسرخ حاصل از این گرم شدن (تابش حرارتی)، دوباره از میان جوّ نمی‌گذرد. گازهای گل‌خانه‌ای مؤثر در جوّ زمین، دی‌اکسیدکربن، بخار آب و متان هستند؛ اما افزایش بیش از حدّ هر یک از آن‌ها دردسرساز است.



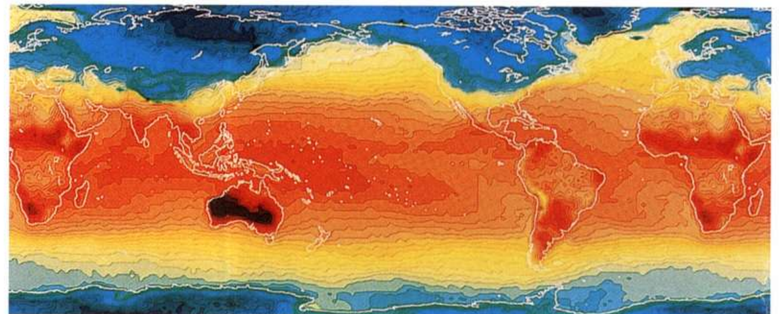
سوراخ لایه‌ی ازن

لایه‌ی ازن در پوش‌کره است. این لایه نواری از گازها، شامل ملکول سه اتمی اکسیژن یا ازن است که زمین را از پرتوهای مضرّ فرابنفش خورشید محافظت می‌کند. این لایه بر فراز قطب جنوب (نواحی سیاه و آبی در این تصویر رنگ کاذب ماهواره‌ای) رقیق شده است. به‌نظر می‌رسد سوراخ‌های لایه‌ی ازن بر فراز هر دو قطب به سبب تولید زیاد ماده‌ای به نام کُلر و فلوئوروکربن (CFC)، که در برخی افشانه‌ها و مواد بسته‌بندی یافت می‌شود، ایجاد شده است. این گاز با رسیدن به جوّ زمین، ملکول‌های ازن را می‌شکند و سپر پرتوهای مرگ‌بار فرابنفش را ضعیف می‌کند.



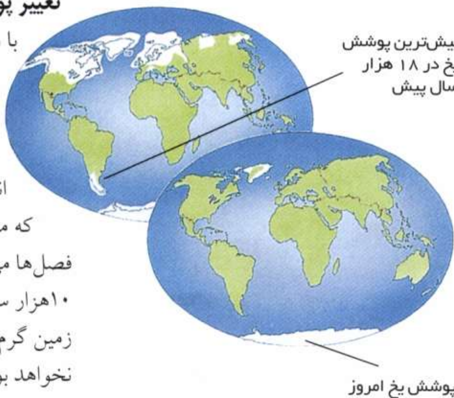
گرمایش جهانی

دمای سیاره‌ی ما در گشت‌کره (در این تصویر، قرمز داغ‌تر است) به وسیله‌ی ماهواره‌ها مدام زیرنظر است. زمین هر سال حدود ۰/۰۲ درجه‌ی سانتی‌گراد گرم‌تر می‌شود که احتمالاً به سبب وجود دی‌اکسیدکربن اضافی است که اثر گل‌خانه‌ای را افزایش می‌دهد. این افزایش دی‌اکسیدکربن به سبب سوزاندن زغال‌سنگ و نفت، انبوه اتومبیل‌ها و هواپیماها از یک سو و نابود کردن جنگل‌های استوایی جذب‌کننده‌ی این گاز از سوی دیگر است. این روند بزرگ‌ترین تهدید حیات روی زمین را سبب شده است: گرمایش جهانی و به‌هم خوردن تعادل اقلیمی زمین. خوش‌بختانه تکاپوی بسیاری برای جلوگیری از تولید بیش‌تر گازهای گل‌خانه‌ای آغاز شده است اما این کار فقط با همکاری همه‌ی کشورهای جهان امکان‌پذیر است؛ همکاری برای حفظ یک سیاره و نه فقط یک کشور یا یک قوم.



تغییر پوشش یخ

با وجود اثر پوششی جوّ، گاهی زمین تا حدّ یخ زدن سرد می‌شود. شاید وقوع این دوران‌های عصر یخ به سبب لَمبَر خوردن و تغییر اندک تمایل محور زمین باشد که موجب افزایش و کاهش شدت فصل‌ها می‌شود. آخرین عصر یخ زمین ۱۰هزار سال پیش تمام شد. در حال حاضر، زمین گرم‌تر است؛ اما این گرما نیز پایدار نخواهد بود.



آن بالا در هوا

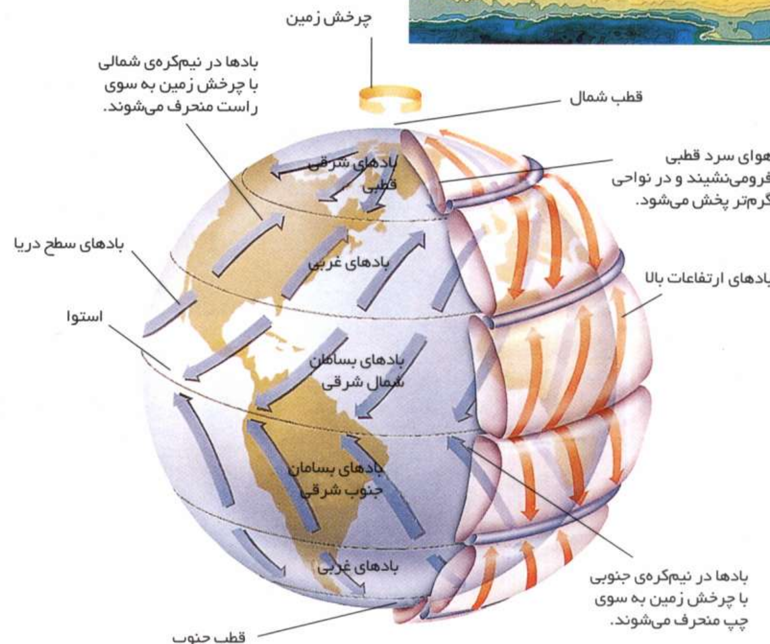
- در سال ۱۶۴۳، اوانجلیستا توَریچلی (۱۶۴۷ - ۱۶۰۸)، فیزیک‌دان ایتالیایی، فشارسنج را برای اندازه‌گیری فشار جوّی اختراع کرد.
- در سال ۱۶۸۶، ادموند هالی نخستین نقشه‌ی بادهای زمین را منتشر کرد. جورج هادلی (۱۷۶۸ - ۱۶۸۵) چگونگی شکل گرفتن بادهای بسامان استوایی (بادهایی در مسیر مشخص) را شرح داد.
- در سال ۱۸۴۸، جیمز گلِیشر (۱۹۰۳ - ۱۸۰۹) سوار بر بالن، دمای جوّ را بالای زمین اندازه گرفت و این نخستین گزارش هواشناسی بود.
- در سال ۱۹۹۰، کمیته‌ای از دانشمندان در سراسر جهان گزارش دادند که دی‌اکسیدکربن حاصل از فعالیت‌های انسانی اثر گل‌خانه‌ای را افزایش داده است.

بیش‌تر بدانیم

تابش‌هایی از فضا ۲۶
جوّ زهره ۱۲۸
مدار زمین ۲۶۴

جریان باد

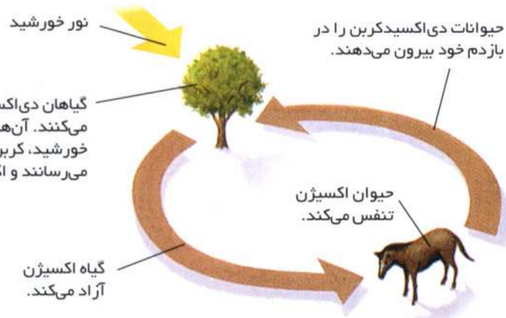
بادها در الگوهایی خاص به دور زمین می‌گردند. در استوا، هوای گرم بلند می‌شود، به سوی شمال و جنوب می‌رود، پایین می‌آید و به سطح دریا بازمی‌گردد. در هر دو قطب، هوای سرد پایین می‌آید و پخش می‌شود. سپس گرم می‌شود تا دوباره در ارتفاعات بالا جریان یابد. هوای عرض‌های میانی (مناطق معتدل)، که در میان این جریان‌های گردشی به دام می‌افتد، در جهت مخالف به گردش درمی‌آید.



سیاره‌ی زنده

در سال ۱۹۹۰، کاوش‌گر فضایی گالیله از کنار دنیایی بسیار عجیب گذشت. ابزارهای آن پوششی سبز را بر فراز بخش اعظمی از این سرزمین، گازی به شدت فرساینده را در جوّ آن و برخی علائم عجیب رادیویی را آشکار کردند. گالیله، در بخشی از مسیرش به سوی مشتری، از کنار سیاره‌ی زمین می‌گذشت و تا کمک گرانشی بگیرد و این شبیه ملاقات کاوش‌گری با سیاره‌ای جدید بود. پوشش سبزرنگ، مواد زیستی بودند که نور خورشید را جذب می‌کردند. در این فرآیند، گاز فرساینده‌ی اکسیژن آزاد می‌شود که در غیر این صورت در واکنش‌های شیمیایی ناپدید می‌گردد. زمین ویژگی خاصی دارد که آن را از هر جسم دیگری در کیهان متمایز می‌کند؛ تنها سیاره‌ای است که می‌دانیم میزبان حیات است.





چرخه‌ی اکسیژن

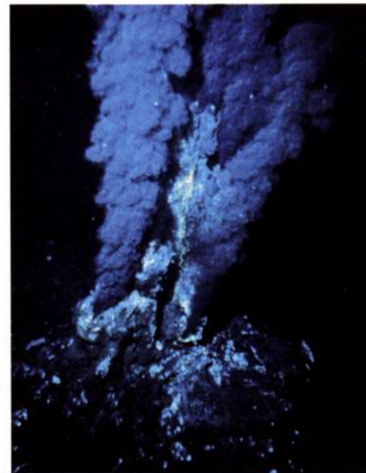
همه‌ی انواع حیات روی زمین به چرخه‌های گوناگونی متصل‌اند. گیاهان و حیوانات از طریق چرخه‌ی اکسیژن برای بقا به هم نیاز دارند. حیوانات از اکسیژن برای رهاسازی انرژی از غذاها استفاده می‌کنند و دی‌اکسیدکربن را در بازدم بیرون می‌دهند. گیاهان با دی‌اکسیدکربن زنده‌اند و آن را به اکسیژن تبدیل می‌کنند.

حیات روی زمین

زمین گهواره‌ی امنی برای پیدایش و تکامل حیات است؛ زیرا در منطقه‌ی طلایی به نام «کمربند حیات» قرار گرفته است. زیادی گرم نیست؛ پس آب بخار نمی‌شود. زیادی سرد هم نیست؛ پس آب یخ نمی‌زند. زیادی کوچک نیست؛ پس جوّ خود را حفظ می‌کند و زیادی بزرگ هم نیست که مانند سیاره‌ی مشتری، «تماماً جوّ» شود.

تحول حیات

سیاره‌ی زمین خانه‌ی بیش از یک میلیون گونه‌ی متفاوت از موجودات زنده است؛ از باکتری‌ها گرفته تا درختان عظیم‌الجثه و پستانداران. همه‌ی خلقت این موجودات طی فرآیندی به نام تکامل، شکل گرفته است. تکامل وقوع تغییراتی در نسل‌های پی‌درپی، به شکلی است که هرگونه با وضعیت محیطی و رقابتش سازگاری پیدا کند. در نخستین ۳میلیارد سال، تنها حیات موجود روی زمین تکْ‌سلول‌هایی بودند که در دریا زندگی می‌کردند. آن‌ها حدود ۵۷۰میلیون سال پیش به گیاهان و حیوانات چندسلولی تحول یافتند. بعدها برخی از این‌ها به خشکی پا گذاشتند.



فوران‌های سیاه

همه‌ی انواع حیات برای دوام، به نور خورشید نیاز ندارند. این کرم‌ها در تاریکی بستر اقیانوس‌ها هزاران متر زیر سطح زندگی می‌کنند. آن‌ها از مواد شیمیایی و انرژی حاصل از منافذ آتش‌فشانی در کف دریا، که فوران‌های سیاه نام دارند، تغذیه می‌کنند. امکان دارد موجودات مشابهی در اقیانوس پنهان زیر پوسته‌ی یخی اروپا، قمر مشتری، زندگی کنند.

نیروهای کیهانی

حیات روی زمین تحت تأثیر نیروهای مرگ‌باری از کیهان پیرامون ما قرار دارد. برخورد یک دنباله‌دار یا سیارک، فوران‌های قدرت‌مند سطح خورشید یا انفجار ستاره‌ای در محیط میان‌ستاره‌ای نزدیک به ما ممکن است سبب «انقراض جمعی موجودات» روی زمین شود. در ۵۰۰میلیون سال گذشته، دست کم ۵ انقراض نسل بزرگ در حیات دیده شده که دوتای اخیر آن ۶۵میلیون سال پیش (مرگ ناگهانی دایناسورها و ۷۰درصد از جان‌داران زمین) و ۲۲۵میلیون سال پیش (نابودی ۹۰درصد از گونه‌های حیات) بوده است.

۲ آبگیرهای بزرگ و کم‌عمق ۴میلیارد سال پیش مواد شیمیایی را برای ساختن نخستین سلول‌ها متمرکز کردند. نخستین گیاهان ساده حدود ۴۰۰میلیون سال پیش در خشکی پدیدار شدند. حیوانات، از جمله نخستین حشره‌ها، به دنبال گیاهان آمدند.

۳ در دوران‌های گرم، حدود ۲۰۰میلیون سال پیش، درختان عظیم‌الجثه‌ی سرخس و دایناسورها در اوج شکوفایی بودند.

۴ امروزه حیات هم‌چنان در حال تحول است. تهدیدی تازه برای حیات، فعالیت‌های انسان است که هر ساله صدها گونه را نابود می‌کند.

منشأ حیات: رعد و برق



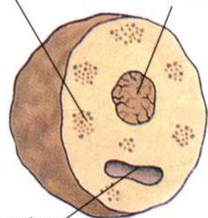
بر اساس نظریه‌ای در علم، حیات روی زمین با آذرخش‌هایی در جوّ ابتدایی زمین شروع شد؛ رعد و برقی که گازهای جوّ را با هم ترکیب کرد و ملکول‌های لازم را برای حیات شکل داد. شیمی‌دان‌ها این فرآیند را به کمک جرقه‌ی الکتریکی، درون بالُنی از گاز شبیه‌سازی کردند.

۱ در ابتدا، شاید فعالیت آتش‌فشانی و توفان‌های الکتریکی عظیم، جرقه‌ی آغازکننده‌ی حیات را روی زمین روشن کردند.

منشأ حیات: دنباله‌دارها



نظریه‌ی رقیب می‌گوید که ملکول‌های حیات، یا حتی سلول‌های زنده، سوار بر دنباله‌دارها به زمین آمده‌اند. برخورد این هسته‌های یخی با زمین در دوران اولیه‌ی منظومه‌ی شمسی، این موضوع را امکان‌پذیر می‌کند. در سال ۱۹۸۶، فضاپیمای جیوتو کشف کرد که هسته‌ی صُلب دنباله‌دار هالی با پوسته‌ای تیره پوشانده شده که از ملکول‌های غنی از کربن، شبیه مواد سازنده‌ی سلول‌های زنده، ساخته شده است. پژوهش‌های بعدی نیز نشان داد که دنباله‌دارها از نخستین بلوک‌های سازنده‌ی منظومه‌ی شمسی بوده‌اند و حاوی ذرات کربنی سحابی خورشیدی‌اند. امکان دارد برخورد این هسته‌های یخی با زمین، پدیدآورنده‌ی اقیانوس‌های زمین باشد.



سلول‌های زنده

تمام حیات از سلول‌های بسیار ریز تشکیل شده است. برخی موجودات زنده فقط از یک سلول تشکیل شده‌اند. در حالی که بدن انسان ۱۰۰میلیارد سلول دارد. سلول‌ها، بنا بر عملکرد خود در بدن، جزییات متفاوتی دارند. اما بلوک‌های سازنده‌ی همه‌ی آن‌ها یکسان است.



تکْ‌سلولی‌ها

بسیاری از گونه‌ها فقط از یک سلول ساخته شده‌اند: از جمله جلبک‌های برکه‌نشین و باکتری‌هایی که عامل انتشار بیماری هستند. برخی از آن‌ها در چشمه‌های آب جوشان یا در اعماق زمین زندگی می‌کنند. گاهی وقت‌ها تکْ‌سلولی‌ها به صورت کُلُنی‌هایی کنار هم جمع می‌شوند؛ هم‌چون سنگ مانند.



شکل‌های ساده‌ی حیات

برخی از ساده‌ترین شکل‌های حیات، صدها میلیون سال است که دوام آورده‌اند. سرخس، نخستین گیاهی بود که بسیار پیش از شکل‌گیری گیاهان گل‌دار، خشکی را فراگرفت. نرم‌تنان در دریا و حشره‌ها روی خشکی هم ۳۵۰میلیون سال است که دوام آورده‌اند.



سامانه‌های پیچیده‌ی حیات

بسیاری از گیاهان و حیوانات تحول یافته‌اند تا پیچیده‌تر شوند. گیاهان گل‌دار برای گرده‌افشانی از حشره‌ها کمک می‌گیرند. پرنده‌ها و پستانداران خون‌گرم‌اند؛ پس می‌توانند در برابر تغییرات دمایی تاب بیاورند. دلفین‌ها و همه‌ی انواع میمون‌ها و سرانجام انسان‌ها مغزهای بزرگی دارند که به دوام آن‌ها کمک می‌کند. این‌ها گونه‌های تکامل یافته‌اند؛ اما تکامل هنوز ادامه دارد.



تازه‌ترین شکل‌های گیاهان و حیوانات فقط در طی ۲ میلیون سال گذشته تکامل یافته‌اند.

بیش‌تر بدانیم

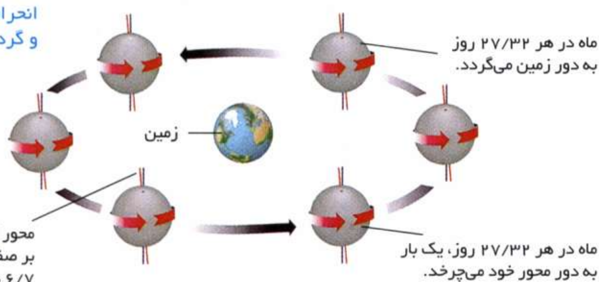
جست‌وجوی حیات در مریخ ۱۳۴
قمرهای مشتری ۱۴۶
دیگر منظومه‌های شمسی ۱۹۸
حیات در دنیاهای دیگر ۲۵۶
هوش‌مندان فرازمینی ۲۵۸

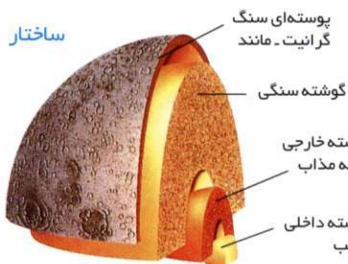
ماه

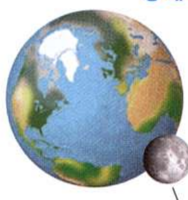
ماه نزدیک‌ترین جسم آسمانی به زمین است. این جفت در میان فضا به رقص گرانشی خود می‌پردازند: ماه به دور زمین می‌گردد و زمین هم به دور خورشید می‌چرخد. ماه در آسمان شب از هر جسم دیگری بزرگ‌تر و درخشان‌تر است. ماه نوری از خود ندارد و با بازتاب نور خورشید می‌درخشد. با گردش ماه به دور سیاره‌ی ما، مقدارهای متفاوتی از نیمه‌ی نورخورده‌ی آن را می‌بینیم که به آن اهله می‌گوییم؛ گاهی فقط یک هلال باریک و گاهی کل نیمه‌ی روشن (ماه بدر) را می‌بینیم. امکان دارد تا سه بار در سال، صورت درخشان ماه به سبب عبور از درون سایه‌ی زمین در فضا تیره شود یا اصطلاحاً بگیرد (خسوف).

ماه در یک نگاه

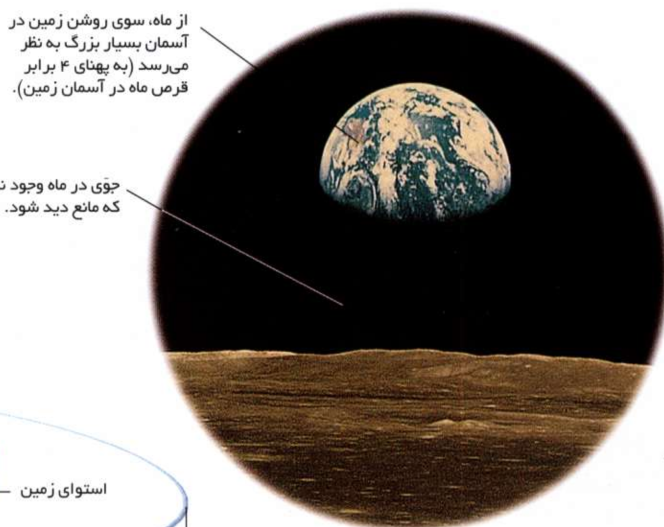
ماه کره‌ای غبارآلود و خشک از سنگ است که جوّ یا آب مایع ندارد. ماه در همان مدتی که به دور محور خود می‌چرخد، یک دور هم به دور زمین می‌گردد.







قطر ماه فقط کمی بزرگ‌تر از یک‌چهارم قطر زمین و جرم آن یک‌هشتادویکم جرم زمین است.



مسیر مداری

مدار ماه به دور زمین دایره‌ای کامل نیست؛ در نتیجه، فاصله‌ی بین آن‌ها تغییر می‌کند. ماه در نزدیک‌ترین حالت (حضیض) ۳۶۳۳۰۰ کیلومتر و در دورترین حالت (اوج) ۴۰۵۵۰۰ کیلومتر تا مرکز زمین فاصله دارد. مدار بیش‌تر قمرهای منظومه‌ی شمسی، که در مقایسه با سیاره‌ی خود اندازه‌ی کوچکی دارند و هم‌زمان با سیاره در کنار آن شکل گرفته‌اند، تقریباً منطبق با صفحه‌ی استوای سیاره است. اما صفحه‌ی مدار ماه نسبت به استوای زمین زاویه دارد و بیش‌تر به دایرةالبروج (صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی) نزدیک است تا صفحه‌ی استوای زمین.



قمر زمین

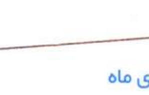
ماه تنها قمر طبیعی زمین است. بیش‌تر قمرها، در مقایسه با سیاره‌ی مادرشان، بسیار کوچک‌اند. اما ماه، با قطر یک‌چهارم زمین، نسبتاً بزرگ و غیرعادی است. در حقیقت، ماه به حدّ کافی بزرگ است که دستگاه زمین و ماه، یک منظومه‌ی سیاره‌ای دوگانه فرض می‌شوند.


تربیع دوم: نیمی از بخش روشن ماه را می‌بینیم. هنوز یک چهارم مراحل چرخه‌ی اهله تا تکمیل شدن مانده است.


تثلیث دوم: حدود سه‌چهارم بخش روشن ماه را می‌بینیم، اما این بخش مدام در حال کوچک شدن است.


ماه بدر: همه‌ی بخش روشن ماه پیداست و ماه نسبت به خورشید، در سمت مخالف زمین قرار دارد؛ یعنی در آسمان در دورترین فاصله‌ی زاویه‌ای از خورشید است.














هلال افزاینده: فقط باریکه‌ای از بخش روشن ماه دیده می‌شود؛ اما اندازه‌ی آن هر شب افزایش می‌یابد.


تربیع اول: زمانی که ماه یک‌چهارم نخست مدارش را طی کند، نیمی از بخش روشن ماه دیده می‌شود.


تثلیث اول: حدود سه‌چهارم بخش روشن ماه را می‌بینیم؛ اما این بخش مدام در حال کامل شدن است.



عکس‌برداری با وقفه‌های زمانی از ماه‌گرفتگی کلی.

گرفت‌های ماه (خسوف)

وقتی ماه کامل (بدر) وارد سایه‌ی زمین می‌شود، ماه‌گرفتگی رخ می‌دهد. زمین مانع رسیدن نور مستقیم خورشید به ماه می‌شود و رخ ماه، تیره یا متمایل به سرخ به‌نظر می‌آید. در گرفتگی کلی، همه‌ی سطح ماه داخل تمام‌ْسایه، مرکز و تیره‌ترین بخش سایه، است. در گرفتگی جزیی، قسمتی از ماه درون تمام‌ْسایه و قسمتی درون نیم‌ْسایه، بخش روشن‌تر و خارجی‌تر سایه، است. در گرفتگی نیم‌ْسایه‌ای نیز ماه فقط از نیم‌سایه‌ی زمین می‌گذرد. سایه‌ی زمین کاملاً هم تاریک نیست. کمی از نور خورشید، به‌خصوص طول موج‌های بلندتر قرمز، از جوّ زمین به درون سایه منتشر می‌شود. همین نور، سبب رنگ سرخ زیبای ماه گرفته می‌شود.

وقتی جوّ زمین پرتوهای خورشید را می‌شکند و وارد سایه‌ی زمین می‌کند، ماه گرفته با بازتاب این نور، قرمز دیده می‌شود.

مسیر ماه

امکان دارد ماه‌گرفتگی کلی بیش از یک ساعت طول بکشد.

نیم‌ سایه

تمام‌ سایه

زمین

نور خورشید

زمین سایه‌ای مخروطی در آسمان شب ایجاد می‌کند.

ماه‌گرفتگی کلی زمانی رخ می‌دهد که همه‌ی ماه درون سایه باشد.

ممکن است چهار ساعت طول بکشد تا ماه کاملاً از میان سایه‌ی زمین بگذرد.

چگونه ماه‌گرفتگی رخ می‌دهد

ماه‌گرفتگی‌های مهم سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۰ (زمستان ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۹)

اگر ماه در این شب‌ها بالای افق محل رصد شما باشد، ماه‌گرفتگی دیده می‌شود. وضعیت دیده شدن هر گرفت در آسمان ایران، در ستون چپ آمده است.

۲۱ فوریه‌ی ۲۰۰۸	(کلی)	نیمه‌ی اول گرفت
۱۶ اوت ۲۰۰۸	(جزیی)	تمام مراحل
۳۱ دسامبر ۲۰۰۹	(جزیی)	تمام مراحل
۲۶ ژوئن ۲۰۱۰	(جزیی)	دیده نمی‌شود
۲۱ دسامبر ۲۰۱۰	(کلی)	دیده نمی‌شود
۱۵ ژوئن ۲۰۱۱	(کلی)	تمام مراحل
۱۰ دسامبر ۲۰۱۱	(کلی)	نیمه‌ی دوم گرفت
۴ ژوئن ۲۰۱۲	(جزیی)	دیده نمی‌شود
۲۵ آوریل ۲۰۱۳	(جزیی)	تمام مراحل
۱۵ آوریل ۲۰۱۴	(کلی)	دیده نمی‌شود
۸ اکتبر ۲۰۱۴	(کلی)	دیده نمی‌شود
۴ آوریل ۲۰۱۵	(کلی)	فقط پایان نیم‌سایه‌ای
۲۸ سپتامبر ۲۰۱۵	(کلی)	نیمه‌ی اول گرفت
۷ اوت ۲۰۱۷	(جزیی)	تمام مراحل
۳۱ ژانویه‌ی ۲۰۱۸	(کلی)	نیمه‌ی دوم گرفت
۲۷ ژوییه‌ی ۲۰۱۸	(کلی)	تمام مراحل
۲۱ ژانویه‌ی ۲۰۱۹	(کلی)	فقط ابتدای گرفت
۱۶ ژوییه‌ی ۲۰۱۹	(جزیی)	تمام مراحل

اسطوره‌های مربوط به ماه

مردم خرافاتی در داستان‌های عامیانه‌ی قدیمی و اسطوره‌ها، نیروهای غریبی را به ماه نسبت می‌دادند. آنان می‌گفتند که ماه کامل، بعضی از مردم را دیوانه و برخی را به موجود وحشی گرگ‌مانندی تبدیل می‌کند و به جادوگران نیرویی مضاعف می‌دهد. به باور برخی، عوارض تیره و روشن سطح ماه نشان‌دهنده‌ی صورت یک انسان یا شکل یک خرگوش بود.

این‌که گرگ‌ها شب ماه بدر زوزه می‌کشند، افسانه‌ای بیش نیست.

اهله‌ی ماه

نیمی از کره‌ی ماه، مانند زمین، همواره به سوی خورشید و نیمی دیگر غرق در تاریکی است. با گردش ماه به دور زمین، آن‌چه از نیمه‌ی نورخورده‌ی ماه می‌بینیم، تغییر حالت می‌دهد که به آن اهله‌ی ماه می‌گویند. اهله‌ی ماه چرخه‌ی کاملی را طی می‌کند: از ماه نو، زمانی که سمت تاریک ماه به سوی ماست، تا ماه کامل، زمانی که سمت روشن ماه کاملاً به سوی ماست و دوباره تا ماه نو بعدی.

هلال کاهنده: باریکه‌ای از بخش روشن ماه همچنان دیده می‌شود؛ اما به‌تدریج کوچک و ناپیدا می‌شود.

نور رسیده از خورشید

ماه نو: ماه بین خورشید و زمین است. پس بخش روشن ماه پشت به ماست. سویی از ماه، که به طرف زمین است، تاریک و نادیدنی است. ماه نو در آسمان در نزدیک‌ترین فاصله‌ی زاویه‌ای از خورشید قرار دارد.

مدار ماه

شناسنامه

قطر	۳۴۷۶ کیلومتر
فاصله‌ی متوسط تا زمین	۳۸۴۴۰۰ کیلومتر
سرعت مداری به دور زمین	۱/۰۲ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور زمین)	۲۷/۳۲ روز
از ماه نو تا ماه نو (شبانه‌روز)	۲۹/۵۳ روز
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	۲۷/۳۲ روز
جرم (زمین = ۱)	۰/۰۱
حجم (زمین = ۱)	۰/۰۲
چگالی متوسط (آب = ۱)	۳/۳۴
گرانش سطحی (زمین = ۱)	۰/۱۷
تمایل محوری (از حالت عمود بر صفحه‌ی مداری)	۶/۷
انحراف مداری (از دایرةالبروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۵/۱
دمای متوسط سطحی	۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد

بیش‌تر بدانیم

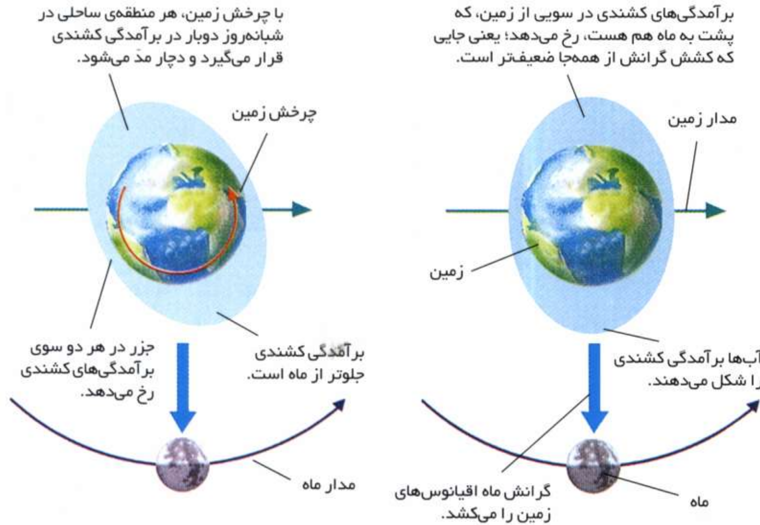
زمین ۱۰۲، تأثیرات ماه ۱۱۲، سطح ماه ۱۱۴، گرفت‌های خورشید ۱۸۰

ماه‌های قمری و نجومی

۲۷/۳۲ روزی که طول می‌کشد تا ماه یک بار به دور زمین بگردد، ماه نجومی نامیده می‌شود و موقعیت آن در مقایسه با ستاره‌های زمینه سنجیده می‌شود. اما در حقیقت کمی بیش‌تر، ۲۹/۵۳ روز، طول می‌کشد تا ماه تمام اهله‌ی خود را یک بار طی کند. زیرا زمین هم در همان زمان در حال گردش به دور خورشید است و ماه را نیز در این سفر با خود می‌برد. این دوره را، که مبنای سنجش آن تکرار موقعیت ماه نسبت به خورشید است، ماه قمری می‌نامند. نخستین تقویمی که انسان شناخت، اهله‌ی تکرارشونده‌ی ماه، یعنی ماه قمری، بود که این دوره‌ی تقریباً ۳۰ روزه مبنای ماه‌های تقویم خورشیدی و میلادی نیز شد.

تأثیرات ماه

با این‌که ماه بسیار کوچک‌تر از زمین است، بر هم‌دم بزرگ‌ترش آثاری می‌گذارد. همان‌طور که گرانش زمینْ ماه را می‌کشد، گرانش ماه نیز زمین را می‌کشد و آن را کمی به شکل بیضی درآورده است. این تغییرات به سختی بر خشکی‌ها تأثیر می‌گذارند؛ اما موجب برآمدگی اقیانوس‌ها در هر دو سوی سیاره و بروز جزر و مدّ در سواحل می‌شوند. از سوی دیگر، جزر و مدّ بر سرعت چرخش زمین و فاصله‌ی بین زمین و ماه تأثیر می‌گذارند.

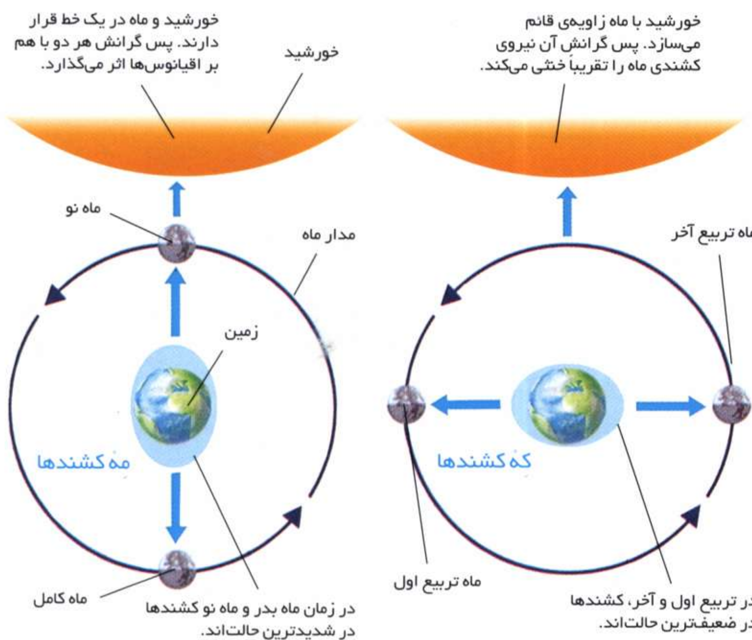


دلیل کشندها

آب‌ها در سمتی از زمین، که به ماه نزدیک‌تر است، کشش گرانشی ماه را قوی‌تر حس می‌کنند. در حالی که آب‌های سمت مخالف زمین کمترین تأثیر را می‌پذیرند. در نتیجه آن‌ها نیز در مقایسه با بقیه‌ی جاها، برآمده به نظر می‌رسند. دو برآمدگی کشندی در آب‌ها شکل می‌گیرند و حرکت ماه را در مدار خود به دور زمین دنبال می‌کنند. چرخش زمین موجب حرکت برآمدگی‌های کشندی نیز می‌شود؛ به طوری که امتداد این برآمدگی‌ها، به جای این‌که درست در امتداد ماه باشد، کمی جلوتر از آن است.

جزر و مدّ

دوبار در هر روز، با ورود A زمین به برآمدگی‌های کِشَندی حاصل از گرانش ماه و خروج از آن‌ها، آب‌های اقیانوس‌ها دچار مدّ (بالاآمدگی) و سپس جزر (پایین رفتن) می‌شود. این چرخه‌ی کِشَندی ۲ ساعت و ۵۰ دقیقه طول می‌کشد؛ زیرا حرکت ماه به دور زمین به‌گونه‌ای است که هر شب ماه حدود ۵۰ دقیقه دیرتر در نقطه‌ای خاص روی زمین طلوع می‌کند. ارتفاع دقیق کِشَندها نه تنها به موقعیت ماه در مدار، بلکه به جغرافیای محلی نیز بستگی دارد.



مِهْکِشَند و کِهْکِشَند

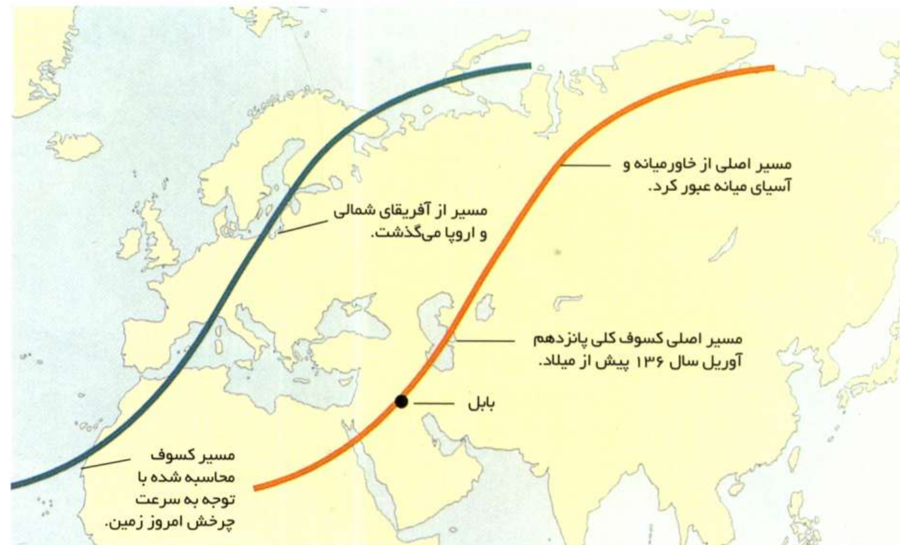
در زمان ماه بدر (کامل) و ماه نو، خورشید و زمین و ماه درست در یک خط قرار می‌گیرند. گرانش خورشید و نیروهای کشندی ماه با هم ترکیب می‌شوند و بلندترین مدّ و کوتاه‌ترین جزر را ایجاد می‌کنند که به آن‌ها مِهْکِشَند می‌گویند. وقتی ماه در حالت تربیع اول و تربیع آخر است، خورشید با آن زاویه‌ی قائم می‌سازد. گرانش خورشید از نیروهای کشندی ماه می‌کاهد و موجب کِهْکِشَند می‌شود. این‌ها همان کوتاه‌ترین مدّ و بلندترین جزر هستند.

مدّ، سِورن استواری، انگلستان



جزر، سِورن استواری، انگلستان



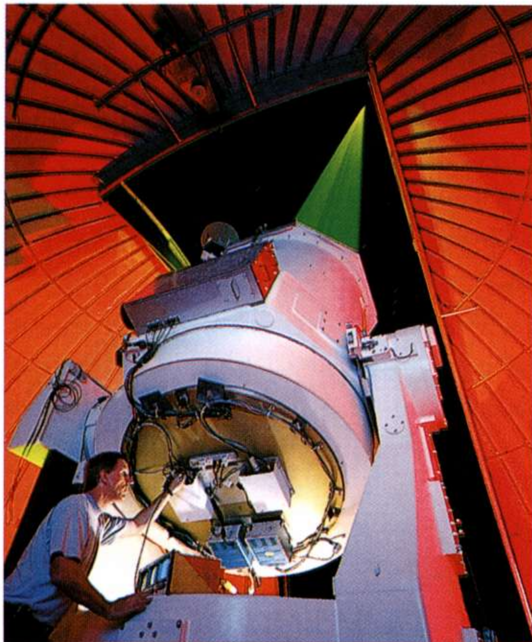


خورشیدگرفتگی کلی سال ۱۳۶ پیش از میلاد.

کُند شدن کِشَندی

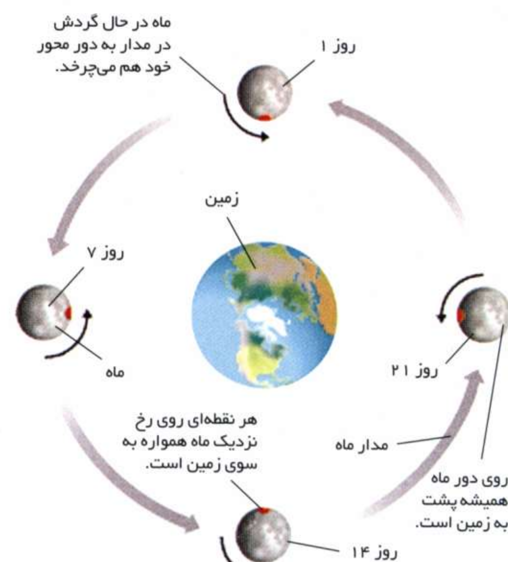
اصطکاک میان سطح زمین و برآمدگی‌های کشندی، به تدریج چرخش زمین را کند می‌کند، پس بیش‌تر و بیش‌تر طول می‌کشد تا زمین یک بار به دور محور خود بچرخد. شواهد این امر از ثبت‌های خورشیدگرفتگی‌های کامل گذشته حاصل می‌شود. مسیر خورشیدگرفتگی کلی پانزدهم آوریل سال ۱۳۶ پیش از میلاد، از شهر بابِل در امپراتوری ایران باستان می‌گذشت. اگر زمین در آن زمان تقریباً با سرعتی به دور محور خود می‌چرخید که امروز می‌چرخد، مسیر آن کسوف بسیار غرب‌تر بود. فسیل‌های مرجانی هم شواهدی به دست می‌دهند. خطوط رشد آن‌ها نشان می‌دهد که ۳۵۰ میلیون سال پیش، روز زمین حدود ۳ ساعت کوتاه‌تر از امروز بود. تخمین زده می‌شود که چرخش زمین در هر قرن حدود چندهزارم ثانیه کند می‌شود.


مرجان فسیل شده



فاصله‌سنجی لیزری

اخترشناسان می‌توانند به کمک فاصله‌سنجی لیزری، فاصله‌ی بین زمین و خورشید را اندازه بگیرند. پرتو قوی لیزر به سوی ماه تابانده می‌شود و بازتابنده‌هایی که از مأموریت‌های آپولو روی سطح ماه مانده‌اند، لیزر را دوباره به سوی زمین باز می‌تابانند. اخترشناسان می‌دانند که نور با سرعت حدود ۳۰۰هزار کیلومتر بر ثانیه حرکت می‌کند، پس با دانستن زمان رفت و برگشت پرتو لیزر، می‌توانند فاصله‌ی بین زمین و ماه را محاسبه کنند. فاصله را به این روش می‌توان با دقت باورنکردنی چند میلی‌متر محاسبه کرد.



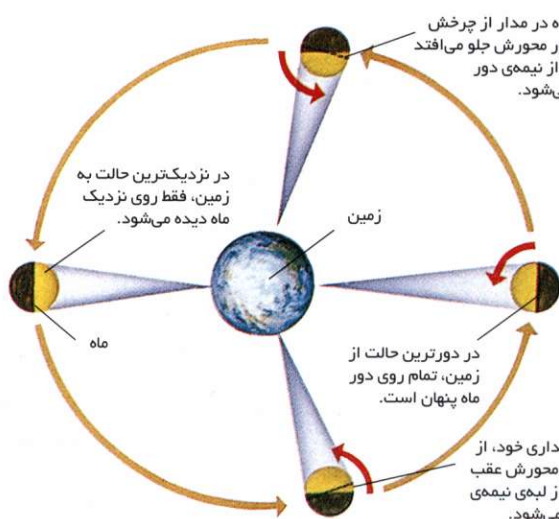
رخ ماه

زمان گردش ماه به دور زمین با زمان چرخش آن به دور خودش، برابر است. در نتیجه، هرچه ماه به دور خود می‌چرخد تا کمی از نیمه‌ی پشتی آن پیدا شود، به همان اندازه نیز به دور زمین می‌گردد و همواره یک روی ماه به طرف زمین است. کاهش سرعت چرخش زمین به دور محور خود به این معنی است که ماه به تدریج در حال دور شدن از زمین است و خودش هم کندتر خواهد چرخید. اگر این روند ادامه پیدا کند، طول شبانه‌روز زمین سرانجام با یک ماه برابر می‌شود. در آن هنگام، همواره یک روی زمین به سوی ماه خواهد بود؛ یعنی از نیمی از کره‌ی زمین دیگر هرگز ماه دیده نخواهد شد. در منظومه‌ی شمسی برای پلوتون و قمر آن، کارُن، چنین اتفاقی افتاده است.


دریای شرقی یا اورینتال

دیدن پشت ماه

دیدن اثر رُخ‌گرد، به‌خصوص با دوربین دوچشمی، ساده است. این تصویر در زمانی گرفته شده که بیش‌ترین مقدار از سطح ماه در لبه‌ی غربی آن پیدا بوده است. بخشی از دریای شرقی در بخش چپ، پایین رخ ماه، پیداست.



رُخ‌گرد

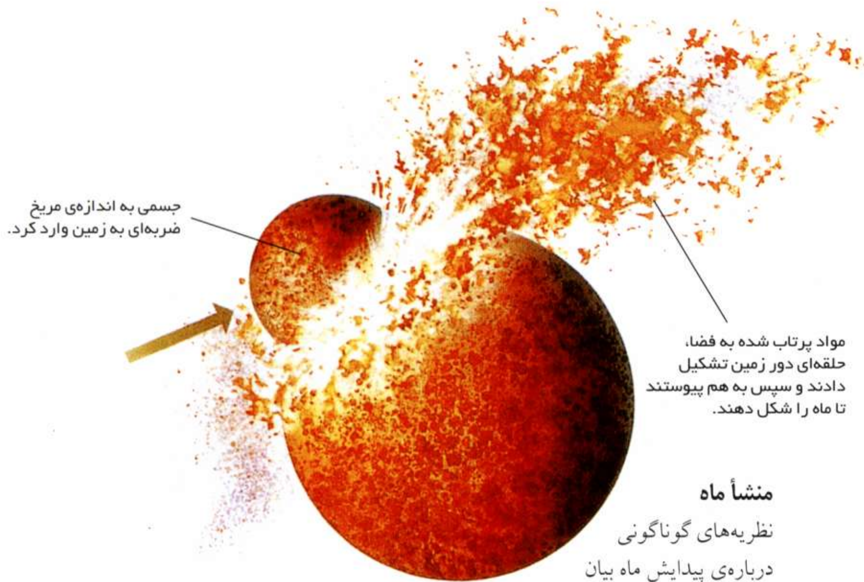
مدار ماه کاملاً دایره نیست؛ به این سبب، سرعت حرکت ماه تغییر می‌کند. وقتی به زمین نزدیک‌تر است، تندتر و وقتی دورتر است، کندتر حرکت می‌کند؛ بنابراین، چرخش ماه دقیقاً با موقعیت آن در مدارش هماهنگ نیست. در نتیجه، گاهی اوقات می‌توانیم فراتر از لبه‌های نیمه‌ی پیدای ماه را هم ببینیم. این اثر، معروف به رُخ‌گرد یا لیبراسیون، سبب می‌شود که تا ۹درصد از پشت ماه را، که از دید ما روی زمین پنهان است، ببینیم.

بیش‌تر بدانیم

زمین ۱۰۲، ماه ۱۱۰
سمت نزدیک ماه ۱۱۸
سمت دور ماه ۱۲۰
زمین چرخان ۲۶۲

سطح ماه

از روی زمین، ماه سرزمینی بسیار یک‌نواخت به‌نظر می‌رسد؛ اما حتی سایه‌روشن‌های سطح آن چیزهایی درباره‌اش به ما می‌گوید. نواحی روشن‌تر سرزمین‌های مرتفع قدیمی‌ترند که حدود ۸۵درصد از سطح ماه را پوشانده‌اند. نواحی تیره‌تر، دشت‌های کم‌ارتفاع جوان‌ترند. اخترشناسان، با بررسی سطح ماه با تلسکوپ و به کمک تصاویر و اندازه‌گیری‌ها و نمونه‌هایی که فضانوردان و فضاپیماها از ماه آورده‌اند، در حال آشکار کردن تاریخ ماه هستند. آن‌ها می‌توانند مراحل متفاوت تحول ماه را، از تولّد آن در ۴/۶میلیارد سال پیش تا همین امروز، تاریخ‌گذاری کنند.



منشأ ماه

نظریه‌های گوناگونی درباره‌ی پیدایش ماه بیان شده است. شاید ماه همراه زمین شکل گرفته باشد یا این‌که جای دیگری شکل گرفته و سپس به دام گرانش زمین افتاده باشد. اما ماه بزرگ‌تر از آن است که از این دو راه پدید آمده باشد. علاوه بر این، ساختار آن بیش‌تر شبیه پوسته‌ی زمین است تا هسته‌ی آن. محتمل‌ترین نظریه «برخورد بزرگ» است که می‌گوید در ابتدای پیدایش منظومه‌ی شمسی، جسمی به اندازه‌ی مریخ، که با سرعت زیادی در حرکت بود، با زمین جوان برخورد کرد. مواد مذاب از هر دو جسم به فضا پرتاب شدند و در اطراف زمین به گردش درآمدند. این مواد، سرانجام ماه را شکل دادند.

آسمان ماه

ماه جوّی ندارد که مانند زمین، نور خورشید را پخش کند. در نتیجه در روز ماه، که سطح کاملاً روشن و خورشید در بالای سر است، آسمان کاملاً سیاه دیده می‌شود. اگر فضانوردی بر سطح ماه با دستان خود جلو نور خورشید را بگیرد، وقتی چشمانش به تاریکی عادت کرد، می‌بیند که آسمان روزِ ماه پُر از ستاره است.



فضانورد مأموریت آپولو بر سطح ماه

رگولیت یا خاک ماه لایه‌ی سطحی از غبار و سنگ است که در اثر بمباران شهاب‌سنگ‌ها ایجاد شده است.

دریا نامی است که به دشت‌های تیره‌ی ماه داده شده است. در قرن هفدهم، افرادی مانند گالیله تصور کردند که این نواحی دریا هستند و این نام هنوز به یاد آن‌ها بر این دشت‌ها مانده است.

دهانه‌ها عوارضی کاسه‌شکل هستند که از برخورد سنگ‌های آسمانی بر جای مانده‌اند.

ضخامت پوسته‌ی سنگی ۶۰ تا ۱۰۰ کیلومتر است.

ارتفاعات، بالاتر از سطح دریاها، نخستین بخش‌های پوسته بودند که خنک و صُلب و جامد شدند.

سطح ماه به طور میانگین فقط ۷درصد از نوری را که به آن می‌تابد، بازتاب می‌کند.

رشته کوه‌ها نواحی بیرون‌زده‌ای از پوسته هستند که دورتادور برخی دریاها و دهانه‌های بزرگ را پوشانده‌اند.

بزرگ‌ترین دهانه‌ها را، که قطری برابر چند صد کیلومتر دارند، حوضه‌ی برخوردی می‌نامند.

چشم‌انداز ماه

روی سطح ماه، دو چشم‌انداز مشخص و متفاوت دیده می‌شود: دشت‌های خاکستری پُررنگ یا دریاها و ارتفاعات روشن‌تر. این ارتفاعات، که تعداد بسیاری دهانه‌ی برخوردی روی آن‌هاست، قدیمی‌ترین نواحی باقی‌مانده‌ی پوسته‌ی ماه هستند. دشت‌های هموار خاکستری، که از چند قرن پیش دریا نامیده شده‌اند، در اصل دهانه‌های عظیم که با گدازه پُر شده‌اند؛ زمانی که ماه درون فعال و مذاب داشت. آن‌ها عموماً تعدادی دهانه‌ی برخوردی کوچک‌تر و جوان‌تر دارند و معمولاً اطرافشان را کوه‌هایی پوشانده است.

تاریخچه‌ی ماه



شهاب‌سنگ‌ها با شدت به پوسته‌ی ماه کوبیده می‌شوند.

۱. چهار میلیارد سال پیش

ماه، در نخستین ۷۵۰میلیون سال زندگی خود، در تیررس بمباران نابودکننده‌ی سنگ‌های آسمانی بود. برخورد آن‌ها پوسته را سوراخ سوراخ کرد و دهانه‌هایی را بر همه‌ی سطح ماه شکل داد.



گدازه از میان تَرَک‌هایی در پوسته جاری می‌شود.

۲. سه میلیارد سال پیش

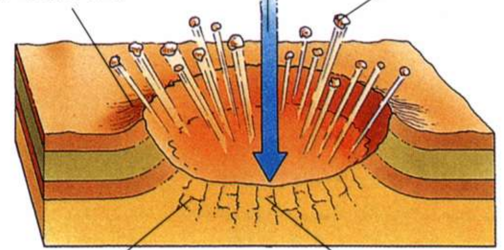
بمباران‌ها کاهش یافت. دوره‌ای از فعالیت‌های شدید آتش‌فشانی در پی آمد که دهانه‌های بزرگ و عمیق را با گدازه (سنگ مذاب)، که از عمق ۱۰۰ کیلومتری زیر سطح بیرون زده بود، پُر کرد. این گدازه‌ها سپس سرد و جامد شدند و دریاها را شکل دادند.



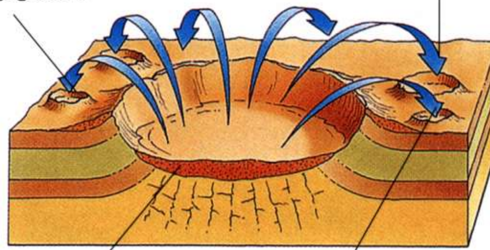
با سرد شدن درون ماه و سخت شدن پوسته‌ی آن، فعالیت‌های آتش‌فشانی کم‌کم از بین رفت.

۳. ماه امروز

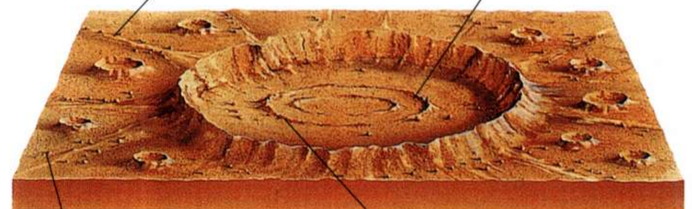
سطح ماه در ۱/۶میلیارد سال گذشته کمی تغییر کرده است. تعدادی دهانه‌ی جوان و درخشان، مانند دهانه‌ی کوپرنیک، به وجود آمده‌اند. بیش‌تر پوسته‌ی اولیه‌ی ماه، به سبب فرآیند ساخت دهانه‌های برخوردی، نابود شد. اما پس از پایان بمباران و سرد شدن درون ماه، چون ماه مانند زمین جوّ و فرسایشی نداشت، چهره‌ی پُرگودال و آبله‌روی آن دست‌نخورده ماند.



برخورد شهاب‌سنگ، گودالی کاسه‌شکل ایجاد می‌کند که دور تا دور آن را دیواره‌ای سنگی احاطه کرده، است. مواد از این گودال به بیرون پرتاب می‌شوند.



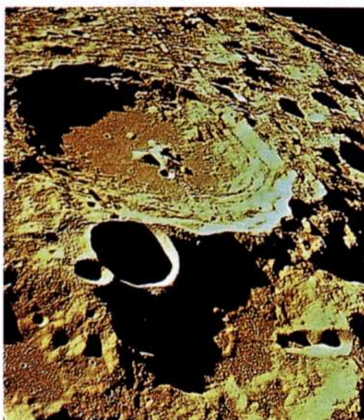
دهانه‌های ثانویه زمانی شکل می‌گیرند که مواد پرتاب شده دوباره فراتر از لبه‌ی دهانه، سقوط و با سطح برخورد کنند. در این هنگام، تعداد بسیاری دهانه‌های کوچک‌تر شکل می‌گیرد.



ممکن است دهانه‌ای کاملاً شکل گرفته، میلیون‌ها سال بدون تغییر باقی بماند؛ مگر این‌که برخورد دیگری آن را نابود کند یا تغییر شکل دهد. روی ماه هیچ آب یا هوایی نیست که آن را پاک کند. همه‌ی دهانه‌ها به روش یکسانی شکل می‌گیرند؛ اما ممکن است ویژگی‌های متفاوتی، از دیواره‌های پلکانی و قله‌های مرکزی تا رگه‌ها و پوششی از مواد پرتاب شده به اطراف داشته باشند.

شکل‌گیری دهانه‌ها

سنگ‌های آسمانی، که با سطح ماه برخورد می‌کردند، دهانه‌های ماه را شکل دادند. هرچه که به سوی ماه بیاید، بدون شک با سطح آن برخورد می‌کند؛ چون در ماه هیچ جوّ محافظی وجود ندارد که آن‌ها را بسوزاند. سنگ فضایی، که با سطح برخورد می‌کند، شهاب‌سنگ نامیده می‌شود. عمق، قطر و ویژگی‌های دهانه‌ی برخوردی به اندازه و سرعت شهاب‌سنگ برخوردکننده بستگی دارد.



دمای سطح ماه

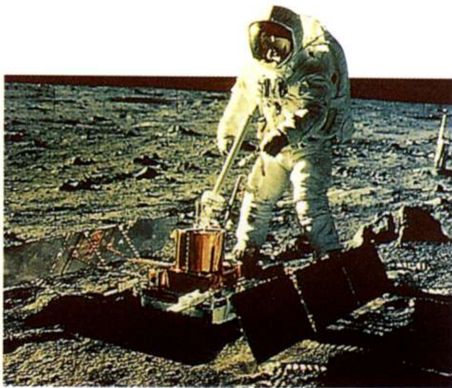
بر سطح ماه دمای روز و شب و روشنی و تاریکی بسیار متفاوت است، چنان‌که در سردترین حالت در شب به ۱۸۰- درجه‌ی سانتی‌گراد و در گرم‌ترین حالت در نیمه‌ی روز به ۱۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد. نبود جوّ در اطراف ماه، یعنی که چیزی برای تنظیم دمای سطحی وجود ندارد. بخش روشن سطح در معرض حرارت زیادی از سوی خورشید است؛ اما وقتی تاریکی آغاز می‌شود، حرارت هم یک‌باره از دست می‌رود. حتی در روز دمای بخش زیر نور خورشید، با چند متر آن سوتر در تاریکی سایه‌ی یک سنگ، بسیار متفاوت است.

بیش‌تر بدانیم

سمت نزدیک ماه ۱۱۸
سمت دور ماه ۱۲۰، عطارد (تیر) ۱۲۲
سیارک‌ها ۱۶۶، شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸

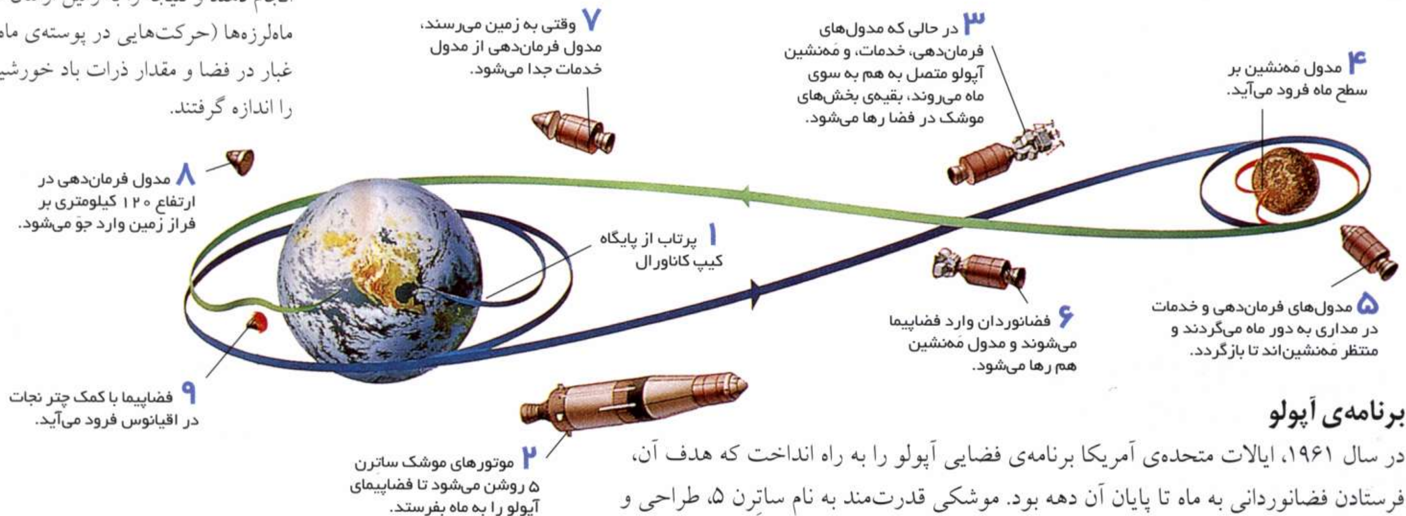
کاوش ماه

انسان از صدها سال پیش در رؤیای کاوش ماه بود. ایالات متحده و روسیه در نیمه‌ی قرن بیستم این رؤیا را به واقعیت تبدیل کردند. در سال ۱۹۵۹، لونا ۱، نخستین فضاپیمای بی‌سرنشین که گرانش زمین را پشت سر گذاشت، به سوی ماه پرتاب شد. پس از آن دهه‌ای پُر از فعالیت‌های فضایی آغاز شد و کاوش‌گرها، روبوت‌ها و فضانوردان برای بررسی یا فرود بر سطح ماه فرستاده شدند. پس از آن دیگر سیاره‌ها و قمرهایشان هدف مأموریت‌های فضایی شدند؛ اما در دو دهه‌ی اخیر، دوباره فضاپیماهای بی‌سرنشین به سوی ماه ارسال شده‌اند. دانشمندان اکنون به سفر دوباره‌ی انسان به ماه در دهه‌ی ۲۰۲۰ میلادی می‌اندیشند و درحال طراحی پایگاه‌هایی در ماه هستند که وقتی در چند دهه‌ی آینده ساخته شوند، فضانوردان در سفر به ماه می‌توانند چند ماهی آن‌جا بمانند و به کار بپردازند.



آزمایش‌های علمی آپولو

فضانوردان ابزارهایی روی ماه باقی گذاشتند تا آزمایش‌هایی انجام دهند و نتیجه را به زمین ارسال کنند. آن‌ها شدت ماه‌لرزه‌ها (حرکت‌هایی در پوسته‌ی ماه)، دمای خاک، مقدار غبار در فضا و مقدار ذرات باد خورشیدی که به ماه می‌رسد را اندازه گرفتند.

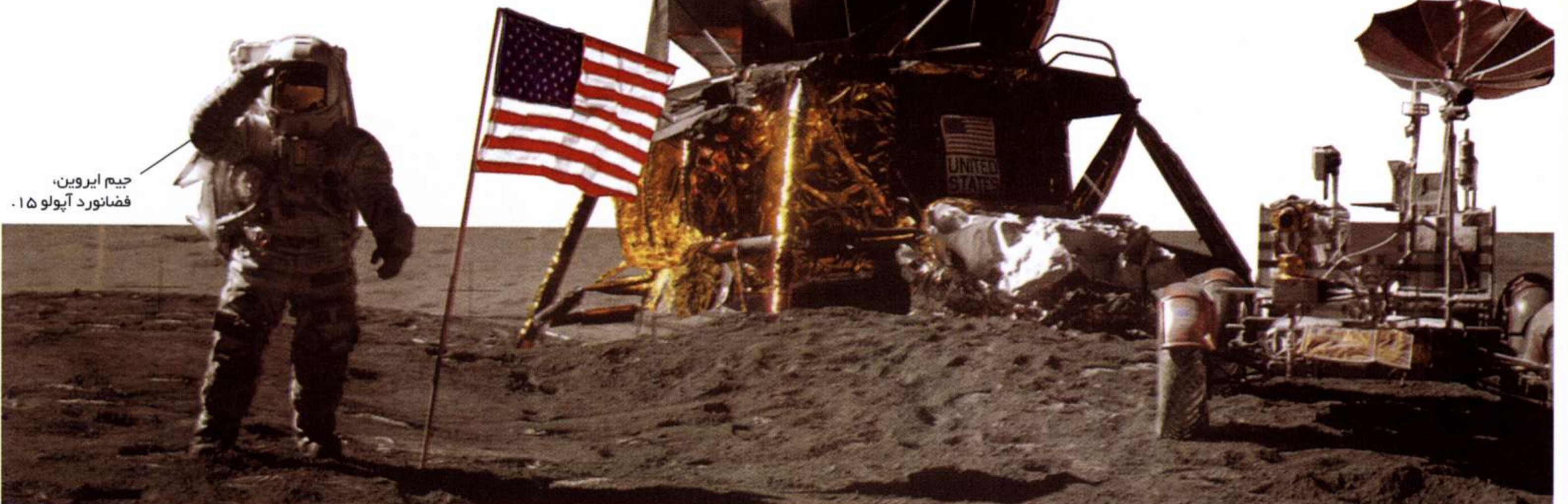


برنامه‌ی آپولو

در سال ۱۹۶۱، ایالات متحده‌ی آمریکا برنامه‌ی فضایی آپولو را به راه انداخت که هدف آن، فرستادن فضانوردانی به ماه تا پایان آن دهه بود. موشکی قدرت‌مند به نام ساتِرن ۵، طراحی و ساخته شد. در نخستین مأموریت‌های آپولو در بخش‌های متفاوت سفر، از این موشک استفاده شد. در روندی که با فضاپیمای آپولو ۱۱ در سال ۱۹۶۹ آغاز شده بود، شش فضاپیما بر سطح ماه نشستند. دوازده فضانورد سطح ماه را کاوش و عکس‌برداری کردند و ۳۸۸ کیلوگرم سنگ و خاک برای بررسی بیش‌تر به زمین آوردند. فضانوردان مأموریت‌های آپولو، تنها انسان‌هایی هستند که تاکنون به ماه رفته‌اند.

سفر به ماه

در ژوییه‌ی سال ۱۹۶۹، نیل آرمسترانگ و باز آلدرین، سوار بر فضاپیمای آپولو ۱۱، به کمک موشک ساترن ۵ از پایگاه فضایی کیپ کاناورال ایالات متحده به فضا پرتاب شدند. آن‌ها ۱۰۲ ساعت و ۴۵ دقیقه بعد درون مدول مَه‌نشین بر سطح ماه در سمت رو به زمین ماه فرود آمدند. سومین فضانورد مأموریت، مایکل کالینز، درون مدارگرد (مدول‌های فرمان‌دهی و خدمات) در مداری به دور ماه ماند. پس از پایان مأموریت، آن دو نفر نیز به مدار بازگشتند تا با هم به سوی زمین بازگردند.



مدول مَه‌نشین، اقامت‌گاه فضانوردان روی ماه بود. از بخش بالایی آن نیز برای سفر بازگشت به زمین استفاده می‌شد.

خودرو مَه‌نورد، اتومبیل برقی جیپ‌مانندی بود که فضانوردان آپولو ۱۵ و ۱۶ و ۱۷ از آن استفاده کردند.

جیم ایروین، فضانورد آپولو ۱۵.

یخ روی ماه

فضاپیماهای کِلمنتاین، پویش‌گر ماه (لونار پراسپکتر)، چاندرایان و LCROSS، که در دهه‌ی ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ میلادی پرتاب شدند، مدارکی یافتند که در دهانه‌های در سایه‌مانده‌ی نواحی قطبی ماه، یخ‌آب پنهان است. زاویه‌ی تابش خورشید بر این دهانه‌های قطبی چنان مایل است که نور به کف آن‌ها نمی‌رسد. احتمالاً این یخ از دنباله‌دارهایی آمده است که سال‌ها پیش با ماه برخورد کرده بودند. اگر این موضوع قطعی باشد، می‌توان این یخ را بعدها برای تأمین آب در پایگاهی روی ماه ذوب یا آن‌را برای تنفس فضانوردان به اکسیژن و برای سوخت موشک‌ها به هیدروژن تبدیل کرد.



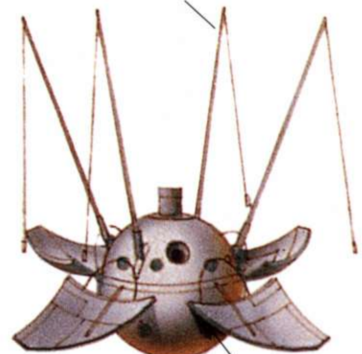
مدارگرد پویش‌گر ماه یا لونار پراسپکتر بیش‌تر اوقات سال ۱۹۹۸ در ارتفاع ۱۰۰ کیلومتری بالای سطح ماه در مدار گشت و سپس تا ارتفاع ۱۰ کیلومتری پایین آمد.

فرودهای سرنشین‌دار آپولو بر سطح ماه

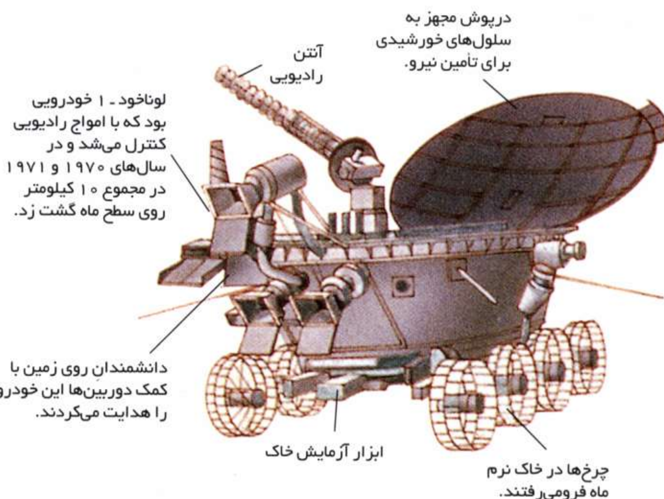
مأموریت	تاریخ فرود	مکان فرود	فعالیت	مدت زمان توقف بر سطح ماه
آپولو ۱۱	۲۰ ژوییه‌ی ۱۹۶۹	دریای آرامش	نخستین فضانوردی که قدم بر ماه گذاشت	۲۲ ساعت
آپولو ۱۲	۱۹ نوامبر ۱۹۶۹	اقیانوس توفان‌ها	نخستین آزمایش‌های بزرگ علمی	۳۲ ساعت
آپولو ۱۴	۵ فوریه ۱۹۷۱	نزدیک دهانه‌ی فرا	نخستین فرود در ارتفاعات ماه	۳۴ ساعت
آپولو ۱۵	۳۰ ژوییه‌ی ۱۹۷۱	دامنه‌های کوهستان آپنین	نخستین گشت‌وگذار با خودرو روی سطح ماه	۶۷ ساعت
آپولو ۱۶	۲۱ آوریل ۱۹۷۲	نزدیک دهانه‌ی دِسکارتس	کاوش ارتفاعات	۷۱ ساعت
آپولو ۱۷	۱۱ دسامبر ۱۹۷۲	نزدیک دهانه‌ی لیترو، لبه‌ی دریای آرامش	طولانی‌ترین و آخرین اقامت روی ماه	۷۵ ساعت

کاوش‌گرهای ماه

مأموریت‌های آپولو به سبب بردن فضانوردان به ماه مشهور است. اما بسیاری از فضاپیماها، که از راه دور هدایت می‌شدند، مانند کاوش‌گرهای رِنجر و سوروِیر ایالات متحده نیز به این سفر رفتند. کاوش‌گرهای لونای روسی نخستین فضاپیماهایی بودند که به ماه رسیدند، در مداری به دورش گشتند، از سوی دور آن عکس گرفتند و بر سطحش نشستند. بین سال‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۷۳، دو خودرو روبوت روسی، به نام‌های لونا خود ۱ و ۲، به کاوش ماه پرداختند.



لونا ـ ۹ نخستین کاوش‌گری بود که در سال ۱۹۶۶ به‌نرمی و با موفقیت بر سطح ماه فرود آمد.



لوناخود ـ ۱ خودرویی بود که با امواج رادیویی کنترل می‌شد و در سال‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۷۱ در مجموع ۱۰ کیلومتر روی سطح ماه گشت زد.

پایگاه‌های ماه

ممکن است در ۵۰ سال آینده، پایگاه‌های ثابتی، مجهز به تلسکوپ برای بررسی ستاره‌ها و ابزارها و سازه‌هایی برای کاوش منابع معدنی غنی، روی ماه ساخته شود. امکان دارد این پایگاه‌ها توقف‌گاه‌هایی برای کاوش‌گرانی باشد که قصد سفر به نقاط دورتری را در منظومه‌ی شمسی دارند. شاید هم مقصدی غیر عادی برای گردش‌گران فضایی باشد که تعطیلات خود را در آن‌ها بگذرانند.

نخستین‌های ماه

• لونا ـ ۲ نخستین فضاپیمایی بود که با سطح ماه برخورد کرد. این کاوش‌گر فضایی در سال ۱۹۵۹ به روش فرود برخوردی به سطح ماه رسید. ماه بعد، لونا ـ ۳ نخستین تصاویر را از سمت دور و پنهان ماه گرفت.

• فضاپیمای رنجر ـ ۷ در سال ۱۹۶۴ با ماه برخورد کرد و با تهیه‌ی ۴۳۰۸ عکس، نخستین تصاویر نمای نزدیک ماه را گرفت.

• در سال ۱۹۶۶، لونا ـ ۹ نخستین تصاویر تلویزیونی را از سطح ماه مخابره کرد.



سنگی از ماه

• در سال ۱۹۶۸، آپولو ـ ۸ نخستین فضانوردان را در مداری به دور ماه برد. آن‌ها ۱۰ بار دور ماه گشتند.

• در سال ۱۹۶۹، نیل آرمسترانگ نخستین انسانی بود که بر سطح ماه قدم گذاشت. او در مأموریت آپولو ۱۱، نمونه‌هایی از سنگ و خاک ماه را به زمین آورد.

• در سال ۱۹۷۰، لونا ـ ۱۶ نخستین بازیابی خودکار از نمونه‌های ماه را انجام داد.

بیش‌تر بدانیم

موشک‌ها چگونه کار می‌کنند؟ ۴۴
پرواز به فضا ۷۰
کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶
سمت نزدیک ماه ۱۱۸
سمت دور ماه ۱۲۰



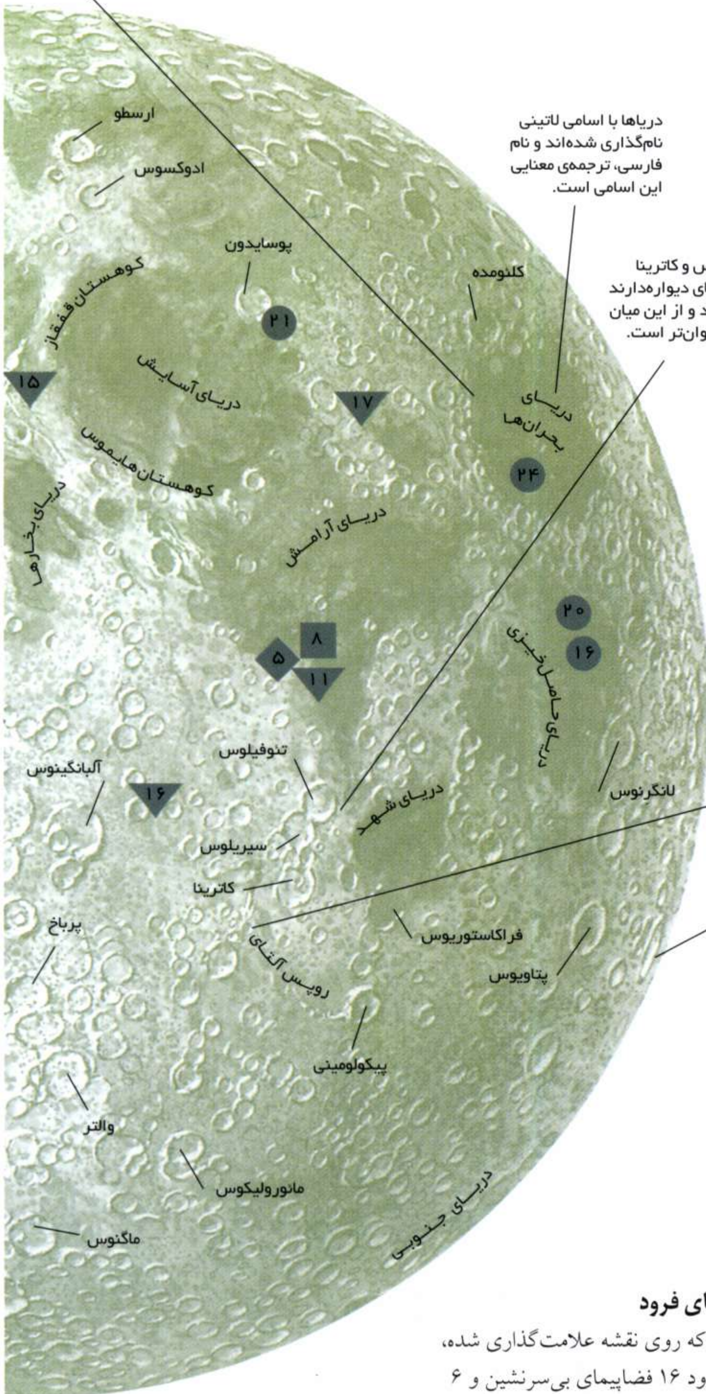
سمت نزدیک ماه

عوارض اصلی بر سمت نزدیک ماه، سمتی که همیشه رو به زمین است، دریاهای تیره‌اند که اخترشناسان قدیم گمان می‌کردند دریا هستند. این دشت‌های پُرگدازه زمانی شکل گرفتند که سنگ‌های مذاب از زیر سطح بالا آمدند و گودال‌های حاصل از برخورد شهاب‌سنگ‌ها را پُر کردند. حتی بزرگ‌ترین آن‌ها، اقیانوس توفان‌ها نیز، از دریای مدیترانه کوچک‌تر است. این دهانه‌ها همه جای سطح ماه، درون دریاها و حتی روی کوهستان‌هایی را که دور تا دور آن‌ها را پوشانده‌اند، نیز پُر کرده‌اند. فرود تمام فضاپیماها تاکنون بر سمت نزدیک ماه، یعنی نیمه‌ی رو به زمین بوده است.



دریای بحران‌ها

دریای بحران‌ها، که از مجموعه دریاهای به‌هم پیوسته‌ی ماه جداست، ۴۵۰ × ۵۶۳ کیلومتر وسعت دارد. کف هموار و پُرشده از گدازه‌ی آن شامل دو دهانه‌ی فوق‌العاده‌ی پیکارد و پیِرس و چند دهانه‌ی کوچک‌تر است. کاوش‌گر لونا ـ ۲۴ در سال ۱۹۷۶ با ۱۷۰ گرم از خاک این دریا به زمین بازگشت.



دریاها با اسامی لاتینی نام‌گذاری شده‌اند و نام فارسی، ترجمه‌ی معنایی این اسامی است.

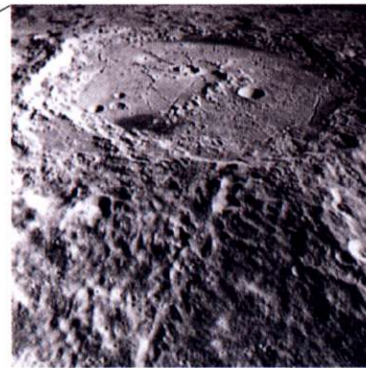
تئوفیلوس، سیریلوس و کاترینا زنجیره‌ای از دهانه‌های دیواره‌دارند که روی هم افتاده‌اند و از این میان تِئوفیلوس از همه جوان‌تر است.



این تصویر از کوهستان روپس آلتای را یکی از ۵ مدارگرد لونار اُربیتر گرفته است. این مدارگردها در سال‌های ۱۹۶۶ و ۱۹۶۷ ماه را نقشه‌برداری کردند تا مکان فرود آپولو را مشخص کنند.

روپس آلتای

روپِس آلتای رشته کوهی است که به صورت قوسی دور تا دور لبه‌ی جنوب غربی دریای شَهد را فراگرفته است. ارتفاع این کوه ۱۸۰۰ متر بالاتر از سطح این دریاست. روپس آلتای هم مانند کوهستان آپنین، زمانی شکل گرفته که نیروی برخورد شهاب‌سنگی با سطح ماه نواحی دور تا دور منطقه‌ی برخورد را بلند کرده است.



دهانه‌ی هومبولت

این دهانه‌ی برخوردی به یاد دولت‌مرد آلمانی، ویلهلم هومبولت (۱۸۳۵ ـ ۱۷۶۷)، نام‌گذاری شده است. دور تا دور این دهانه را دیواره‌ی کوهستانی بلندی فراگرفته است. پوششی از مواد پرتابی، که در زمان برخورد شهاب‌سنگی به بیرون پرتاب شده‌اند، زمین‌های بیرون از دیواره را فراگرفته است. یک قله‌ی مرکزی درون دهانه و مجموعه‌ای از تَرَک‌ها در سراسر بستر دهانه وجود دارد.

مکان‌های فرود

مناطقی که روی نقشه علامت‌گذاری شده، محل فرود ۱۶ فضاپیمای بی‌سرنشین و ۶ فضاپیمای سرنشین‌دار است که بین سال‌های ۱۹۵۹ و ۱۹۷۶ به ماه رفتند.

۷ رنجر ۷ و ۸ و ۹؛
۷ سورویر ۱ و ۳ و ۵ و ۶ و ۷؛
۱۳ لونا ۲ و ۹ و ۱۳ و ۱۶ و ۱۷ و ۲۰ و ۲۱ و ۲۴؛
۱۱ آپولو ۱۱ و ۱۲ و ۱۴ و ۱۵ و ۱۶ و ۱۷.

بیش‌تر بدانیم

سطح ماه ۱۱۴، کاوش ماه ۱۱۶
سمت دور ماه ۱۲۰، سیارک‌ها ۱۶۶
شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸



دریای باران‌ها

این دریای عظیم، ۳/۸۵میلیارد سال پیش، زمانی شکل گرفت که برخورد یک شهاب‌سنگ (خُرده‌سیاره‌ای نسبتاً بزرگ) حوضه‌ای عظیم را شکل داد و مواد را به بیش‌تر بخش‌های سمت نزدیک ماه پرتاب کرد. در چند میلیارد سال بعد، این حوضه‌ی برخوردی با گدازه‌هایی از درون ماه پُر شد.

رصد ماه

بسیاری از عوارض ماه با چشم غیرمسلح دیده می‌شود. نواحی تخت و تیره، دریاها و نواحی روشن‌تر، ارتفاعات هستند. با دوربین دوچشمی می‌توان دهانه‌های منفرد و رشته‌کوه‌ها را تشخیص داد. رصد زمانی ساده‌تر است که نور خورشید با زاویه‌ای اُریب بر سطح می‌تابد. زیرا در این هنگام، سایه‌های بلندی که ایجاد می‌شوند، منظره را مانند نقش برجسته‌ای نمایان می‌کنند. به همین سبب، بیش‌ترین عوارض را در مرز تاریکی و روشنایی (سایه‌مرز) روی ماه می‌توان دید.

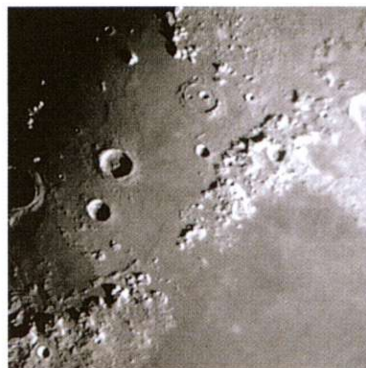


نمای دوربین دوچشمی از هلال پهن ماه.



کوه‌های آپِنین

کوهستان آپِنین یکی از باشکوه‌ترین رشته کوه‌های ماه است. این رشته کوه همراه با کوه‌های کارپاتوس، قفقاز (کائوکاسوس)، ژورا و آلپ، دیواره‌های دریای آرامش را می‌سازند. آن‌ها حلقه‌ای شکسته از کوه‌ها را دور لبه‌ی این دریا ایجاد کرده‌اند. زمانی که شهاب‌سنگ سازنده‌ی دریا با سطح ماه برخورد کرد، موج برخورد، سرزمین‌های اطراف را بلند کرد و این کوه‌ها را شکل داد.



کوپرنیک

یکی از بهترین مثال‌ها از دهانه‌ی رگه‌دار روی ماه، دهانه‌ی کوپرنیک است. قطر این دهانه ۱۰۷ و عمق آن ۴ کیلومتر است و رگه‌هایی از تکه سنگ‌های درخشان از آن بیرون زده است (ریز بودن تکه‌ها و ذرات تشکیل‌دهنده‌ی رگه‌ها دلیل روشن بودن و بازتاب بیش‌تر نور از آن‌هاست). درون کوپرنیک، دهانه‌های جوان و قله‌های مرکزی وجود دارند و لبه‌ی آن کاملاً با دیواره‌های پلکانی مشخص شده است. بررسی مواد رگه‌ها، که فضانوردان آپولو ۱۲ جمع کرده بودند، نشان داد که سن آن‌ها ۸۵۰میلیون سال است.



عوارض سمت نزدیک

دریاهای پهناور تیره‌ترین عوارض سمت نزدیک ماه هستند که ۲ تا ۵ کیلومتر پایین‌تر از سطح تراز ماه (مانند سطح اقیانوس‌ها در زمین) قرار گرفته‌اند. جدیدترین عوارضی که روی ماه شکل گرفته‌اند، دهانه‌های رگه‌دار درخشان‌اند. نواحی جنوبی‌تر، ناهموارترین بخش سمت نزدیک ماه هستند که بیش‌تر سرزمین‌های مرتفع و پُردهانه با تعدادی دشت‌های پهناور دیواره‌دار را شامل می‌شوند. هر دو ناحیه‌ی قطبی ماه، نواحی مرتفع‌اند.



تیکو

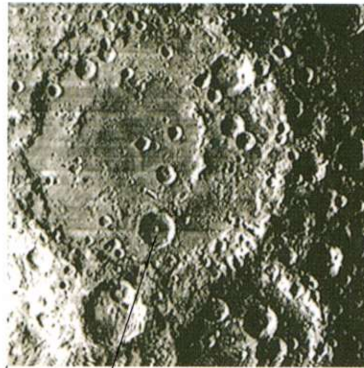
دهانه‌ی رگه‌دار تیکو، که ۱۰۰میلیون سال پیش شکل گرفته است، دارای قله‌های مرکزی و دیواره‌های پلکانی است. رگه‌های این دهانه فقط زیر نور مستقیم حوالی زمان ماه بدر دیده می‌شود.

سمت دور ماه

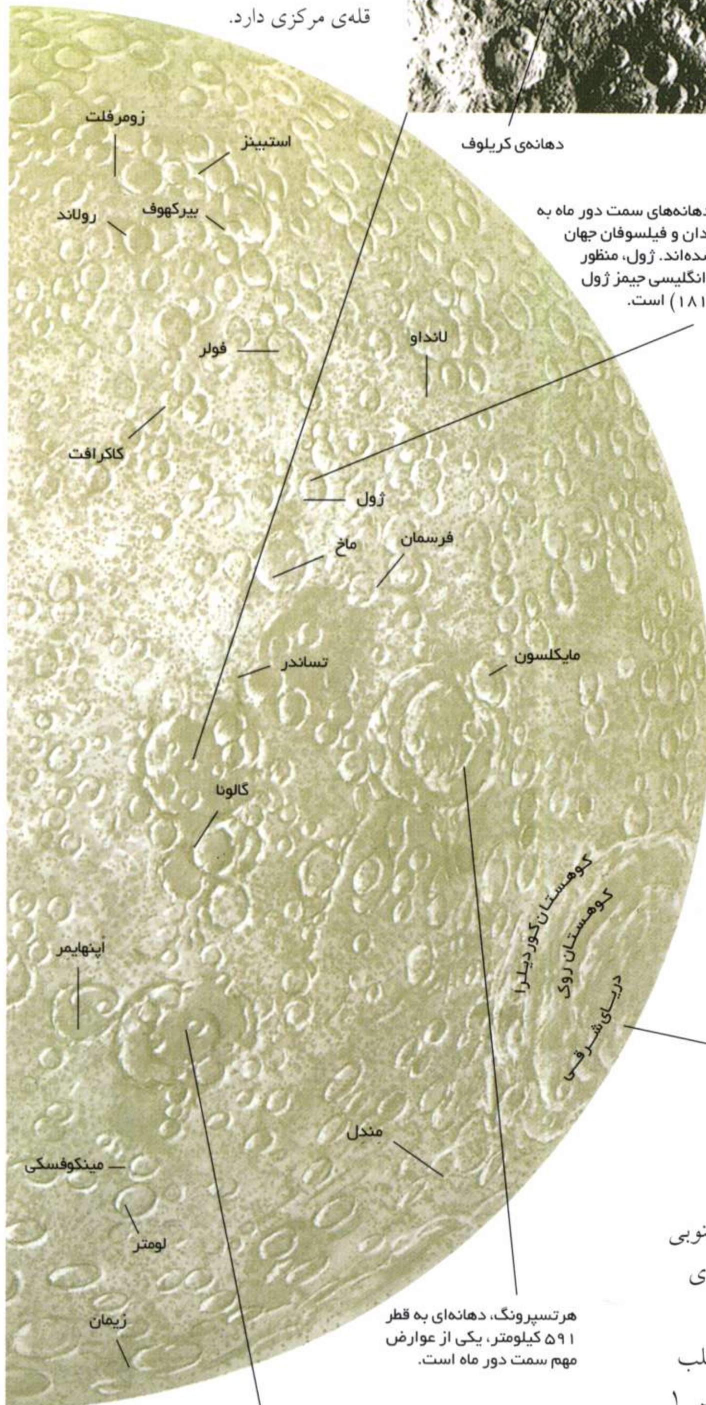
سمت دور ماه همواره پشت به زمین است. این روی ماه تا سال ۱۹۵۹، که کاوش‌گر فضایی روسی لونا ـ ۳ موفق شد به پشت ماه برود و نخستین عکس‌ها را بفرستد، ناشناخته بود. با آن‌که سمت دور ماه بسیار شبیه سمت نزدیک آن است، این دو سمت تفاوت‌های واضحی هم دارند. سمت دور دریاهای کمتری دارد؛ زیرا پوسته از سمت نزدیک ضخیم‌تر و برای گدازه‌ها مشکل است که از پوسته بیرون بزنند و داخل حوضه‌های برخوردی را پُر کنند. به‌علاوه، سمت دور ماه بیش‌تر در معرض برخوردها بوده و پُردهانه‌تر است.

کرولِف

دهانه‌ی کرولِف، با قطر ۴۳۷ کیلومتر، یکی از بزرگ‌ترین عوارض حلقه‌ای سمت دور ماه است. این دهانه یکی از ۱۰ دهانه‌ی سمت دور است که قطر آن به بیش از ۲۰۰ کیلومتر می‌رسد. چند دهانه‌ی کوچک‌تر درون آن قرار گرفته‌اند که یکی از آن‌ها کریلوف نام دارد. قطر کریلوف حدود ۵۰ کیلومتر است و یک قله‌ی مرکزی دارد.



دهانه‌ی کریلوف



بسیاری از دهانه‌های سمت دور ماه به نام دانشمندان و فیلسوفان جهان نام‌گذاری شده‌اند. ژول، منظور فیزیک‌دان انگلیسی جیمز ژول (۱۸۱۸ - ۱۸۸۹) است.

هرتسپرونگ، دهانه‌ای به قطر ۵۹۱ کیلومتر، یکی از عوارض مهم سمت دور ماه است.

دهانه‌ی آپولو به یاد مأموریت‌های آپولو به ماه نام‌گذاری شده است.

نخستین تصویر از سمت دور ماه



دریای مسکوویِنسه

این تصویر از سمت دور ماه را فضاپیمای لونا ـ ۳ در اکتبر سال ۱۹۵۹ گرفت. از نظر استانداردهای امروزی، این تصویر کیفیت خوبی ندارد؛ اما آن‌قدر واضح است که عوارض بزرگ، از جمله دریای مسکوویِنسه، در آن شناسایی شوند.

عوارض سمت دور

دو دریای بارز در سمت دور ماه دریای شرقی (اورینِتال) و دریای موسکوویِنه هستند. دهانه‌ها فراوان، اما ظاهراً کوچک‌ترند و به اندازه‌ی دهانه‌های سمت نزدیک تیره نیستند. جالب توجه‌ترین دهانه‌ها، گودال‌های دایره‌ای مانند هرتسپرونگ، آپولو و کرولِف هستند. حلقه‌ی خارجی دهانه‌ی هرتسپرونگ را دهانه‌های کوچک‌تر شکسته‌اند.

دریای شرقی (اورینتال)

این دریای بزرگ، که جوان‌ترین دریای ماه است، در مرز میان سمت دور و نزدیک ماه پخش شده است؛ اما بیش‌تر آن به سمت دور ماه تعلق دارد. دور تا دور این دهانه را، که قطر آن ۳۲۷ کیلومتر است، حلقه‌های کوه‌های هم‌مرکزی تا قطر ۹۰۰ کیلومتر فراگرفته و یکی از بدیع‌ترین مناظر سطح ماه را ساخته است. بعد از این رشته کوه‌های حلقه حلقه، مواد پرتاب شده قرار دارند که دهانه‌های پیش از آن را پوشانده‌اند. فقط بخش مرکزی این حوضه‌ی برخوردی با گدازه پوشیده شده و شکلی دریامانند به خود گرفته است.



مُلک ایرانیان در ماه

برخی از دهانه‌های برخوردی سطح ماه به نام مشاهیر ایرانی نام‌گذاری شده‌اند. در سمت نزدیک ماه، دهانه‌ی ۴۷ کیلومتری صوفی (AZOPHI) به نام عبدالرحمن صوفی رازی است (عرض ۲۲ درجه‌ی جنوبی و طول حدود ۱۳ درجه‌ی شرقی). در لبه‌ی شمال غربی قرص ماه، در مرز سمت دور و نزدیک، دهانه‌ی ۷۰ کیلومتری خیام وجود دارد که گاهی بر اثر پدیده‌ی رُخ‌گرد در لبه‌ی سمت نزدیک ماه کاملاً دیده می‌شود (عرض ۵۸ درجه‌ی شمالی و طول ۱۰۲ درجه‌ی غربی). دهانه‌های دیگری نیز با نام ایرانیان اغلب نزدیک به این مرز در نیمه‌ی پنهان ماه‌اند: دهانه‌ی ۵۵ کیلومتری ابوالوفا به یاد ابوالوفای بوزجانی (عرض ۱ درجه‌ی شمالی و طول ۱۱۷ درجه‌ی شرقی)، دهانه‌ی ۷۷ کیلومتری بیرونی (عرض ۱۸ درجه‌ی شمالی و طول ۹۲ درجه‌ی شرقی)، دهانه‌ی ۶۵ کیلومتری خوارزمی (عرض ۷ درجه‌ی شمالی و طول ۱۰۶ درجه‌ی شرقی) و دهانه‌ی ۷۴ کیلومتری ابن‌سینا (عرض ۴۰ درجه‌ی شمالی و طول ۹۷ درجه‌ی غربی).

نواحی قطبی

قطب‌های شمال و جنوب ماه آخرین نواحی آن بودند که نقشه‌برداری شدند. این مأموریت را کاوش‌گر فضایی کلمنتاین در سال ۱۹۹۴ انجام داد. نقشه‌های موزاییکی از کنار هم چیدن هزاران تصویری به دست آمده که کلمنتاین به زمین ارسال کرده است. این نقشه‌ها نشان می‌دهند که بستر برخی از دهانه‌های برخوردی قطبی، همیشه در سایه است و نور خورشید به آن‌ها نمی‌رسد.

قطب جنوب ماه

در نواحی همیشه در سایه، احتمالاً در خاک، یخ‌آب وجود دارد.

دهانه‌ی شرودینگر

دریای موسکووینه

دریای موسکووینه یکی از معدود دریاهایی است که کاملاً در سمت دور ماه قرار دارد و با قطر ۲۷۷ کیلومتر، از حوضه‌های برخوردی بزرگ سمت دور مانند آپولو کوچک‌تر است. بستر تیره‌ی آن موجب شده است که به خوبی از اطراف مشخص باشد.

تسیولکوفسکی

یکی از عوارض بارز سمت دور، عارضه‌ی تُسیولکوفْسکی است که به سبب داشتن بستر تیره از گدازه‌ی صُلب شده‌ی چیزی، میان دهانه‌ی برخوردی و دریا شناخته می‌شود. قطر آن ۱۸۵ کیلومتر است و درمرکز، ساختاری بزرگ و کوه‌مانند دارد. نواحی اطراف تسیولکوفسکی به شدت پُردهانه است. مواد سطحی در آن محوطه احتمالاً برخی از قدیمی‌ترین مواد سطح ماه هستند.

شوارتزشیلد

دالامبر

دهانه‌ی گاگارین که اولین فضانورد بود.

کمبل

فابری

فلمینگ

دریای موسکووینه

مندلیف

مندلشتام

دریای اسمیت

وَن دِگراف

این دهانه با شکلی نامتقارن و قطری حدود ۲۳۳ کیلومتر، در خود چند دهانه‌ی کوچک‌تر دارد. اما با وجود این پهنای عظیم، عمق آن فقط ۴ کیلومتر است. کف این حوضه‌ی برخوردی، در مقایسه با زمین‌های اطراف، خاصیت مغناطیس و رادیواکتیو قوی‌تری دارد. ممکن است این خاصیت به سبب آن باشد که سنگ‌های آتش‌فشانی، زیر بستر دهانه دفن شده‌اند.

پاستور

هویساید

هیلبرت

ایتکن

دریای اینگنی

لایبنیتز

روش

پوآنکاره

پلانک

دریای جنوبی

شرودینگر

نقشه‌برداری از ماه

• در سال ۱۶۰۹، توماس هریوت انگلیسی (۱۶۲۱ - ۱۵۶۰)، بر اساس رصدهایی که با تلسکوپ انجام می‌داد، نقشه‌ای از ماه کشید. یک سال بعد نیز، نقشه‌های گالیله توجه همه را به عوارض ماه جلب کرد.

• اخترشناسان قرن هجدهم، با استفاده از تلسکوپ‌های جدید و پیش‌رفته، نقشه‌هایی با جزییات بیش‌تر از سطح ماه تهیه کردند.

• نخستین عکس‌ها در سال ۱۸۴۰ از ماه گرفته شد. اطلس‌های عکس‌دار ماه در اواخر قرن نوزدهم منتشر شد.

• تصاویر پُرجزییاتی از سطح ماه را مدارگردهای ایالات متحده در دهه‌ی ۱۹۶۰ و فضاپیمای کلمنتاین در سال ۱۹۹۴ به زمین ارسال کردند.

کاوش‌گر مدارگرد ماه، دهه‌ی ۱۹۶۰

بیش‌تر بدانیم

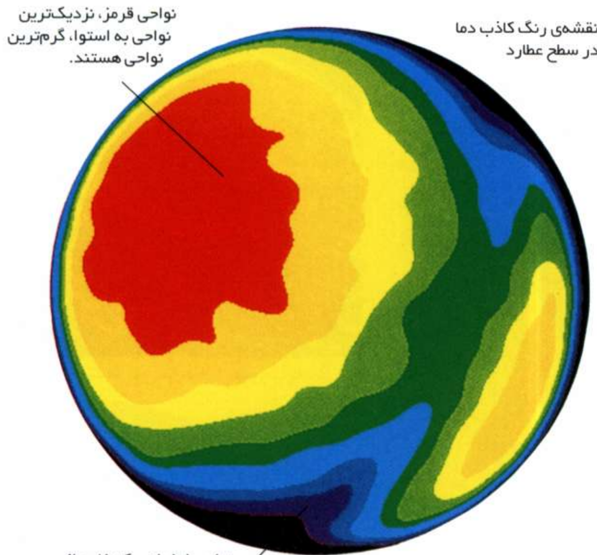
سطح ماه ۱۱۴، کاوش ماه ۱۱۶، سمت نزدیک ماه ۱۱۸، سیارک‌ها ۱۶۶، شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸

دریای جنوبی

این دریا در نمای هر دو سمت نزدیک و دور ماه دیده می‌شود. اما شکل آن به سختی قابل تشخیص است. شاید این ناحیه، به جای حوضه‌ی برخوردی واقعی، فقط ناحیه‌ای از سنگ‌های تیره‌ی آتش‌فشانی باشد.

عطارد (تیر)

عطارد، با سطحی که از تابش خورشید سوخته و خشک شده، نزدیک‌ترین سیاره به خورشید است. این دنیای سنگیِ خشک، جوّی چنان رقیق دارد که بهتر است بگوییم اصلاً جوّی ندارد. در میان همه‌ی سیاره‌هایِ منظومه‌ی شمسی، عطارد از همه سریع‌تر به دور خورشید می‌گردد؛ اما گردش آن به دور محور خودش بسیار آهسته است. از روی زمین، عوارض کم‌رنگی را می‌توان روی سطح این سیاره دید. نخستین تصاویر نمای نزدیک از عطارد، مربوط به دهه‌ی ۱۹۷۰ است. در آن سال، کاوش‌گر فضایی مارینر ۱۰ از کنار آن گذشت و مشخص کرد که عطارد دنیایی پُر از دهانه‌های برخوردی است. اخترشناسان در تعجب‌اند که چرا سیاره‌ای به این کوچکی، هسته‌ی آهنی بزرگی دارد.



سطح آبله‌رو

حدود ۴میلیارد سال پیش، در اوایل تاریخ منظومه‌ی شمسی، سطح عطارد جوان در تیررس اصابت شهاب‌سنگ‌ها قرار گرفت. گدازه‌ها از درون سیاره روی سطح جاری شدند و دشت‌های پهناوری را شکل دادند. آن‌ها ظاهری به این سیاره دادند که در نگاه نخست، بسیار شبیه سطح ماه است. از آن‌جا که هیچ باد و آبی بر سطح عطارد وجود ندارد که سطح را فرسوده کند و شکل دهانه‌ها را تغییر دهد، سطح این سیاره از آن زمان تقریباً بدون تغییر باقی مانده است.

دما

عطارد را همسایه‌ی غول‌پیکرش، خورشید، بریان می‌کند. این سیاره در میان همه‌ی سیاره‌ها بیش‌ترین تغییر دما را در روز و شب دارد. دمای متوسط سطحی آن ۱۶۷ درجه‌ی سانتی‌گراد است. اما زمانی که سیاره در نزدیک‌ترین حالت به خورشید است، ممکن است دما به بالاتر از ۴۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد هم برسد. در شب، این سیاره به سرعت خنک می‌شود؛ زیرا جوّ آن آن‌قدر رقیق است که حرارت را نگه‌نمی‌دارد و دما به ۱۸۰- درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد. این تغییر ۶۰۰ درجه‌ای دما در شب و روزهای طولانی عطارد، سنگ‌های سطحی سیاره را به‌شدت منقبض و منبسط می‌کند و پیوسته سبب ترک خوردن و خُرد شدن آن‌ها می‌شود.

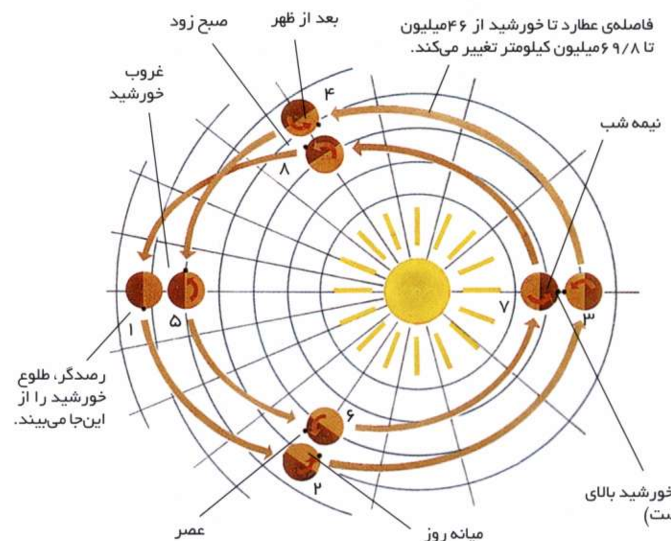
قطر دهانه‌های برخوردی از چند متر تا صدها کیلومتر است.

دهانه‌های جوان‌تر با شعاع‌های روشنی از مواد پرتاب شده (رگه‌ها) احاطه شده‌اند.

دهانه‌ی برونته

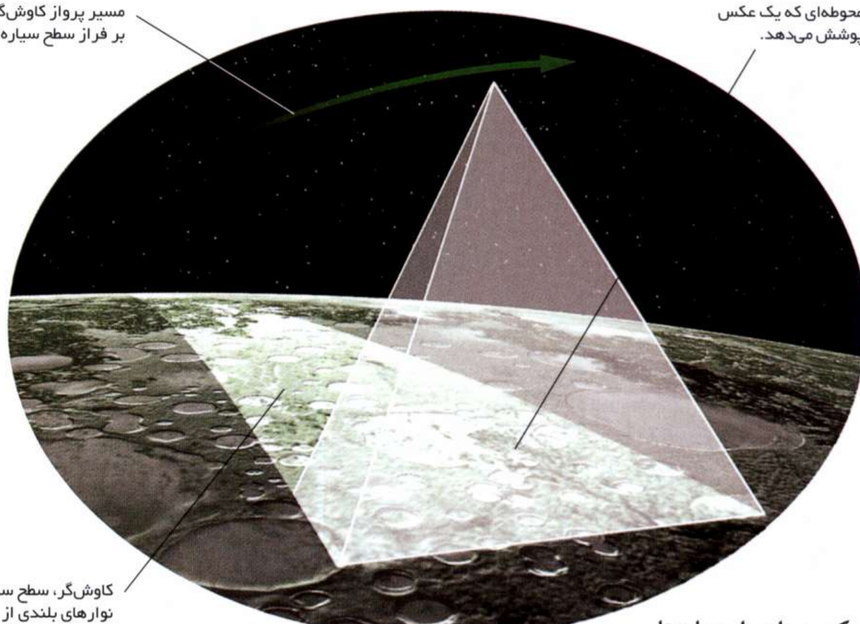
عمق دهانه‌ها، در مقایسه با دهانه‌های ماه، کمتر است. اما مواد پرتاب شده از برخورد، به اندازه‌ی روی ماه دور نرفته‌اند؛ زیرا گرانش عطارد بیش‌تر است.

در این تصویر، که مارینر ۱۰ گرفته، نور فرابنفش خورشید موجب شده که سطح، رنگ و رو رفته به‌نظر برسد.



چرخش و گردش مداری

عطارد بسیار آهسته به دور محور خود می‌چرخد؛ به‌طوری که یک دور چرخش کامل آن، ۵۹ روز زمینی طول می‌کشد. اما این سیاره در گردش به دور خورشید، به سبب نزدیکی به آن، سرعت بسیار دارد و یک دور گردشش ۸۸ روز زمینی است. از دید ناظری که روی عطارد ایستاده باشد، مجموع این دو حرکت باعث بروز وقفه‌ای ۱۷۶ روزه بین یک طلوع خورشید تا طلوع بعدی می‌شود. شخصی که از موقعیت یک طلوع خورشید را می‌نگرد، باید تا دوباره رسیدن به موقعیت یک، صبر کند تا طلوع بعدی خورشید را ببیند. در این مدت، سیاره دوبار به دور خورشید گشته است، در نتیجه، شبانه‌روز از سطح عطارد برابر دو سال این سیاره طول می‌کشد. مانند ماه در مدار زمین، آهنگ چرخش این سیاره نیز به مرور کُند شده است تا در آینده، برابر دوره‌ی گردش مداری آن شود و همواره یک روی سیاره رو به خورشید باشد.



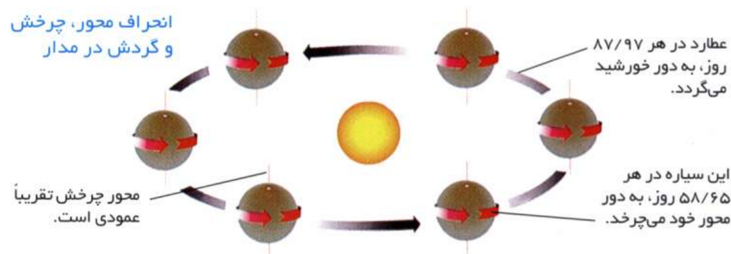
شناسنامه	
قطر	۴۸۸۰ کیلومتر
فاصله‌ی متوسط تا خورشید	۵۷/۹ میلیون کیلومتر
سرعت مداری دور خورشید	۴۷/۸۷ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور خورشید)	۸۷/۹۷ روز
از طلوع تا طلوع بعدی خورشید (شبانه‌روز)	۱۷۶ روز
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	۵۸/۶۵ روز
جرم (زمین = ۱)	۰/۰۶
حجم (زمین = ۱)	۰/۰۶
چگالی متوسط (آب = ۱)	۵/۴۳
گرانش سطحی (زمین = ۱)	۰/۳۸
تمایل محوری (از حالت عمود بر صفحه‌ی مداری)	۰ (صفر)
انحراف مداری (از دایرةالبروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۷ درجه
دمای متوسط سطحی	۱۶۷ درجه‌ی سانتی‌گراد
تعداد قمرها	۰ (صفر)

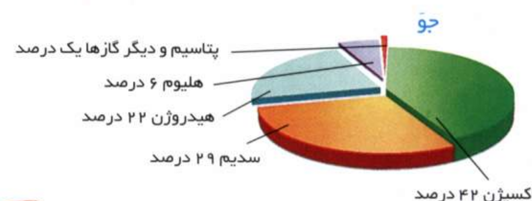
عکس‌برداری از سیاره‌ها

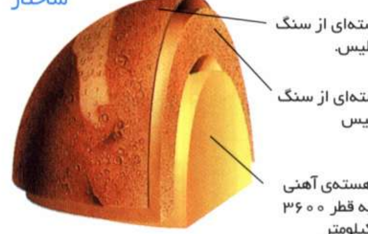
تصاویر پُرجزییات از سطح سیاره‌ها را دوربین‌هایی تهیه می‌کنند که بر کاوش‌گرهای فضایی، مانند مارینر ۱۰، نصب شده‌اند. این کاوش‌گرها از کنار سیاره می‌گذرند یا در مداری به دور آن می‌گردند. وقتی کاوش‌گر در ارتفاع بالا از فراز سیاره می‌گذرد، دوربین‌ها عکس‌های متوالی می‌گیرند. این تصاویر به کمک امواج رادیویی به زمین ارسال می‌شوند و با رایانه‌ها بهبود می‌یابند. سپس کنار هم قرار می‌گیرند تا نمایی کلی، به نام تصویر موزاییکی از سیاره به‌دست دهند.

عطارد در یک نگاه

عطارد، سیاره‌ای سنگی با هسته‌ی فلزی بزرگ، بسیار سریع به دور خورشید می‌گردد و گرانش ضعیف و جوّ بسیار رقیقی دارد. بدون در نظر گرفتن پلوتون در جمع سیاره‌ها، این سیاره کوچک‌ترین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی است.





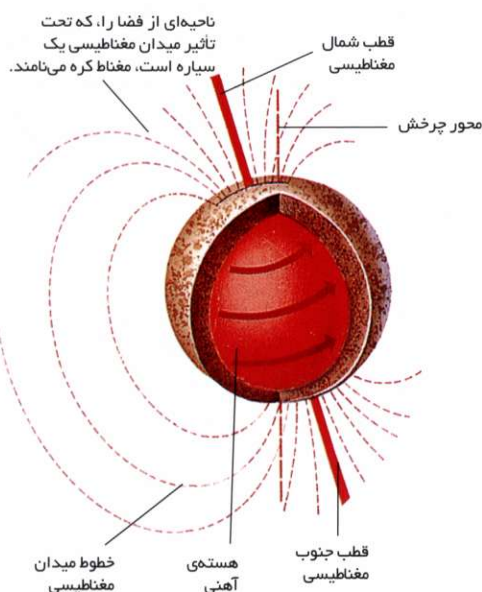






هسته‌ی مغناطیسی

عطارد هم مانند زمین، میدان مغناطیسی دارد؛ اما میدان آن بسیار ضعیف و فقط حدود ۱درصد میدان زمین است. خاصیت مغناطیسی عطارد را هسته‌ی بزرگ آهنی آن ایجاد کرده است. قطر این هسته سه‌چهارم قطر خود سیاره است. اخترشناسان بر این باورند که هسته‌ی عطارد از آهن جامد ساخته شده که لایه‌ای از آهن مایع و گوگرد هم آن را احاطه کرده است.





عطارد در آسمان شامگاهی دشت کویر، شمال قم

رصد عطارد

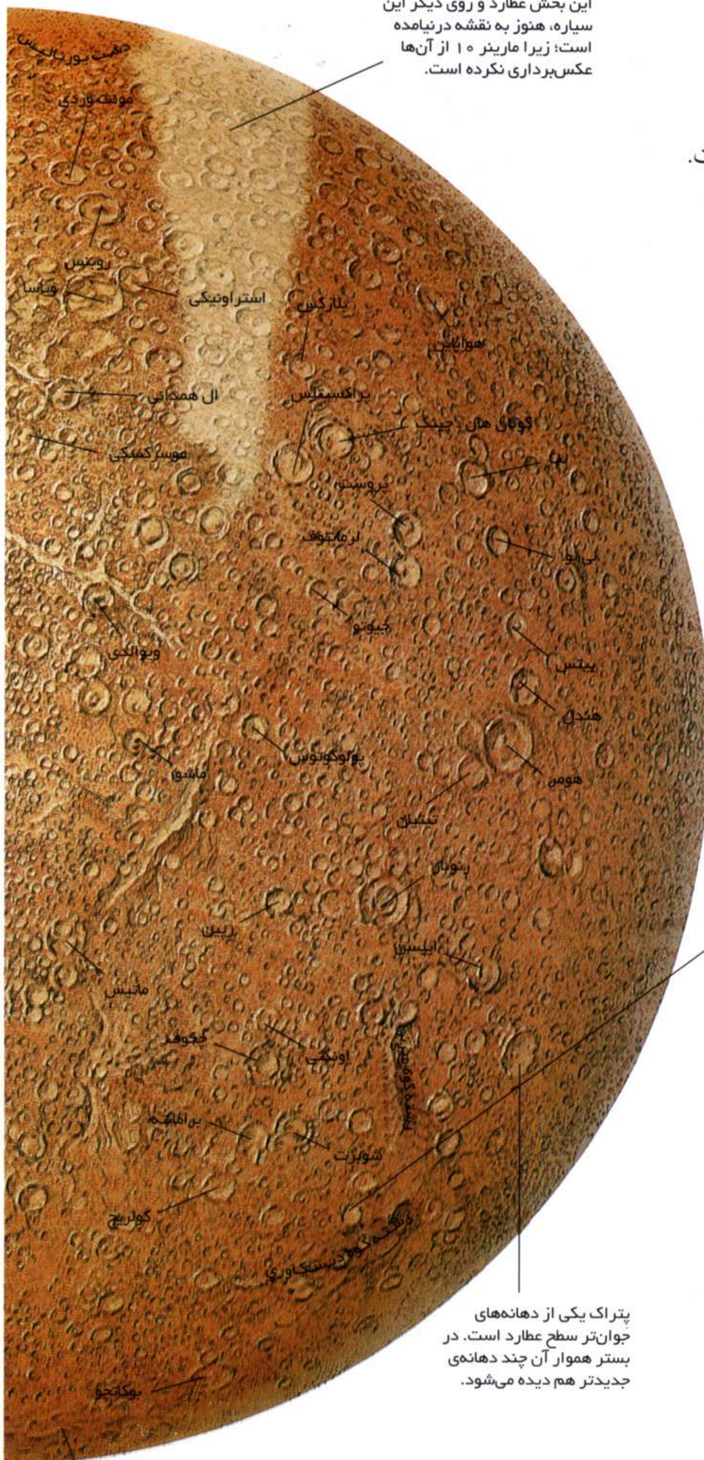
تنها وقت‌هایی که می‌توان عطارد را رصد کرد، زمانی کوتاه پس از غروب خورشید یا در سپیده‌دم، پیش از طلوع خورشید، است؛ زیرا در آن لحظات، این سیاره کمی دورتر از خورشید و بسیار نزدیک به افق پدیدار می‌شود. عطارد شبیه ستاره‌ای درخشان است و می‌توان آن را با چشم غیرمسلح یا دوربین دوچشمی مشاهده کرد. از قرص عطارد، می‌توان اهله را با تلسکوپی مناسب مشاهده کرد.

بیش‌تر بدانیم

کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶
تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰
زمین ۱۰۲، سطح ماه ۱۱۴، برخوردها ۱۷۰

سطح عطارد

در آسمان زمین، عطارد هرگز از خورشید خیلی دور نمی‌شود؛ در نتیجه، رصد آن مشکل است. حتی رصدخانه‌ای فضایی، مانند تلسکوپ فضایی هابل نیز نمایی از سطح عطارد به‌دست نمی‌دهد؛ زیرا پرتوهای خورشید به ابزارهای حساس تلسکوپ آسیب می‌رساند. فضاپیمای مارینر ۱۰، با کمک سایه‌بان‌های محافظ، تصاویری با جزییات از سطح عطارد فراهم آورد. در ملاقات این فضاپیما با عطارد، مسیر پرواز آن به‌گونه‌ای بود که فقط بخشی از سطح عطارد را بررسی کرد و بیش از نیمی از آن هنوز باقی مانده است تا در آینده کاوش شود. فضاپیمای مِسنجر (پیام‌آور) در آینده‌ی نزدیک از سراسر این سیاره نقشه‌برداری خواهد کرد.



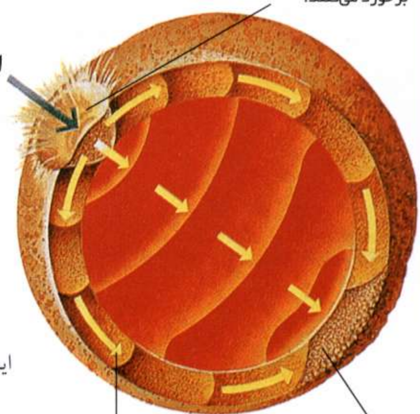


رشته‌کوه دیسکاوری

رشته‌کوه دیسکاوری، با ارتفاع ۲ کیلومتر از سطوح اطراف، سلسله جبال عظیمی است که وسعتی حدود ۵۰۰ کیلومتر را روی سطح عطارد دربرگرفته است. تا به حال، ۱۶ عارضه‌ی مشابه روی عطارد کشف شده که ۸ عدد از آن‌ها در بخش شرقی نیم‌کره‌ی جنوبی سیاره بوده است.

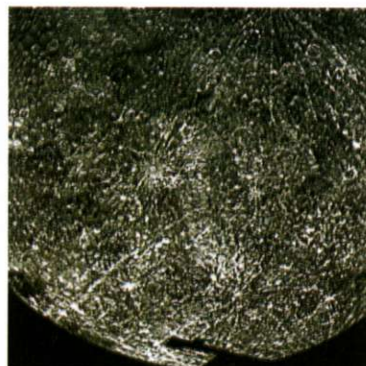
امواج ضربه‌ی برخورد

زمانی که خُرده‌سیاره‌ی سرگردانی، که سازنده‌ی حوضه‌ی کالوریس بود، با عطارد برخورد کرد، این سیاره هنوز جوان بود. پوسته و گوشته‌ی بالایی آن هنوز پایدار نشده بود و هم‌چنان در حال سرد و منقبض شدن بود. امواج ضربه‌ی این برخورد، امواجی در سطح سیاره پدید آورد و روی سطح آن، رشته تپه‌ها و رشته کوه‌هایی ایجاد کرد.



ناحیه‌ی قطب جنوب

نواحی قطبی عطارد شامل بخش‌هایی است که همواره از حرارت خورشید در امان می‌مانند. دانشمندانی که این نواحی را از روی امواج رادار بازتاب شده از آن‌ها، بررسی می‌کنند، بر این باورند که احتمالاً در قطب‌های عطارد یخ‌آب وجود دارد. اما این یافته‌ها باید تأیید شود؛ زیرا ماده‌ی دیگری مانند گوگرد نیز ممکن است همین نتایج را به‌دست دهد.

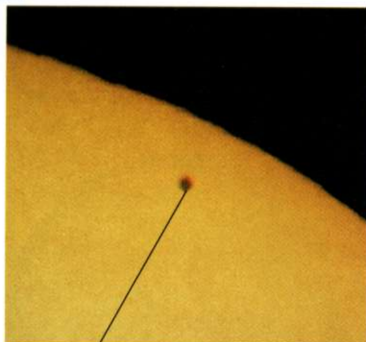


دنیای پُردهانه

عطارد دنیایی پُردهانه است و سطح آن را برخورد هزاران شهاب‌سنگ سوراخ سوراخ کرده است. برخوردی عظیم، حوضه‌ی کالوریس را شکل داده است. دورتادور این حوضه را حلقه‌ای از ارتفاعات به نام کوه‌های کالوریس فراگرفته است. پس از کوه‌ها، نواحی پوشیده از سنگ‌های پرتابی حاصل از برخورد و سپس دشت‌های مسطح پُرگدازه قرار دارند. به‌علاوه، می‌توان بر سطح عطارد چین‌وچروک‌ها، رشته کوه‌ها و تَرَک‌های بسیاری دید که در زمان سرد شدن سیاره‌ی جوان شکل گرفته‌اند.

بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ فضایی هابل ۱۴
کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶
سطح ماه ۱۱۴، عطارد (تیر) ۱۲۲
سیارک‌ها ۱۶۶، شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸



گذر عطارد

در آسمان ما، مسیر عطارد معمولاً از بالا یا پایین خورشید می‌گذرد؛ زیرا صفحه‌ی مداری این سیاره حدود ۷ درجه با صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی زاویه دارد. اما هرچند سال یک‌بار، زمانی که خورشید و زمین و عطارد در یک خط قرار می‌گیرند، پدیده‌ای به نام گذر رخ می‌دهد و عطارد از مقابل قرص خورشید عبور می‌کند. این سیاره شبیه نقطه‌ی سیاهی بر صورت خورشید دیده می‌شود و ممکن است عبورش از یک لبه تا لبه‌ی دیگر خورشید، چند ساعت طول بکشد. در هر قرن، بیش از ۱۰ گذر عطارد رخ می‌دهد و فاصله‌ی هر دو گذر سه تا سیزده سال است. آخرین گذرها در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ رخ داد و گذرهای بعدی در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۹ اتفاق خواهد افتاد.

شناخت انسان از عطارد

- عطارد، مانند دیگر سیاره‌ها، حدود ۴/۶میلیارد سال پیش شکل گرفت. در ۷۰۰ میلیون سال ابتدایی، سطح آن از هجوم سنگ‌های فضایی آبله‌رو شد.
- ۵۰۰میلیون سال پس از آن، سیاره سرد و منقبض شد و به اندازه‌ی فعلی خود رسید.
- مردم از زمان‌های باستان عطارد را می‌شناختند و برخی اقوام آن را، به سبب سرعت جابه‌جایی بسیار در زمینه‌ی ستاره‌ها، پیک بادپای آسمان‌ها می‌دانستند. با ورود تلسکوپ به دنیای نجوم، در قرن هفدهم مشخص شد که عطارد اهله دارد.
- در سال ۱۹۶۵، با ارسال امواج راداری به سطح عطارد و دریافت امواج بازتابی، دوره‌ی تناوب چرخش ۵۹ روزه‌ی عطارد تأیید شد.
- در سال ۱۹۷۴، فضاپیمای مارینر ۱۰ نخستین تصاویر را با جزئیات از سطح این سیاره به زمین ارسال کرد.
- در سال ۱۹۹۱، دانشمندان از رادار برای بررسی نواحی نادیده‌ی سیاره‌ی عطارد استفاده کردند.
- فضاپیمای مسنجر (پیام‌آور) ناسا، پس از چند گذر از کنار عطارد در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ میلادی، در سال ۲۰۱۱ در مداری حداقل یکساله به دور این سیاره قرار می‌گیرد تا نقشه‌ای کامل از آن تهیه کند.

مارینر ۱۰

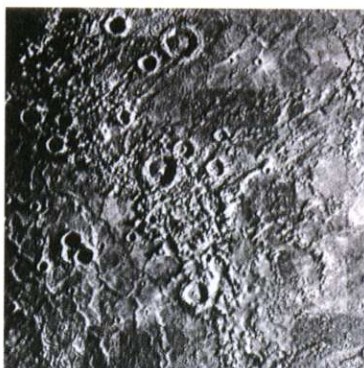
در سال‌های ۱۹۷۴ و ۱۹۷۵، فضاپیمای مارینر ۱۰ سه بار از کنار سیاره‌ی عطارد گذشت و تا فاصله‌ی ۳۲۷ کیلومتری سطح آن رسید. در تصاویری که این فضاپیما به زمین مخابره می‌کرد، عوارضی به کوچکی ۱/۵ کیلومتر آشکار بود. دانشمندان دریافتند که این سیاره میدان مغناطیسی دارد.

صفحه‌ی خورشیدی

حس‌گر میدان مغناطیسی

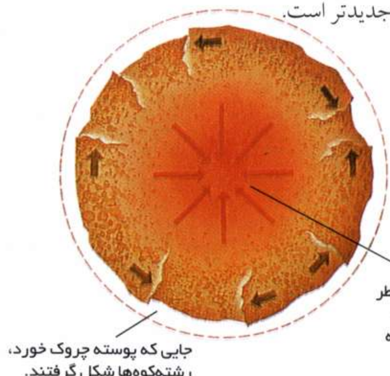
دشت سُبکو دشتی وسیع است که پس از برخورد کالوریس با گدازه پُر شده است. یک جفت دهانه‌ی رگه‌دار درون این دشت قرار دارد.

کوه‌های کالوریس بر اثر برخورد کالوریس شکل گرفتند.



حوضه‌ی کالوریس

حوضه‌ی کالوریس، به قطر حدود ۱۳۰۰ کیلومتر، بزرگ‌ترین دهانه در عطارد و از بزرگ‌ترین دهانه‌های برخوردی منظومه‌ی شمسی است که ۳/۶میلیارد سال پیش، با برخورد خُرده‌سیاره‌ای به قطر بیش از ۱۰۰کیلومتر با عطارد، شکل گرفت. بستر این دهانه پُر از دهانه‌های برخوردی کوچک‌تر و جدیدتر است.



جایی که پوسته چروک خورد، رشته‌کوه‌ها شکل گرفتند.

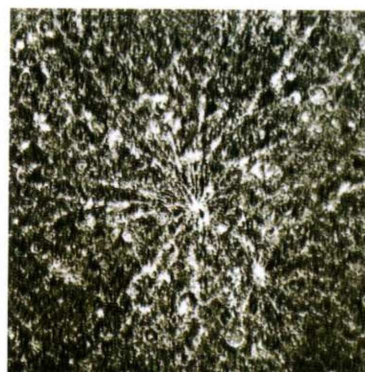
با سرد شدن هسته، قطر آن تا ۴ کیلومتر کوچک و سبب جمع و چروکیده شدن پوسته شد.

تولستوی، دهانه‌ی بزرگ و پُرگدازه‌ای در غرب نیم‌کره‌ی جنوبی سیاره‌ی عطارد است. این دهانه، از نظر اندازه، پس از دهانه‌ی بتهوون قرار دارد.

دهانه‌ها بیش از ۶۰درصد از سطح شناخته‌شده‌ی عطارد را پوشانده‌اند. بقیه‌ی سطح بیش‌تر دشت‌هایی از گدازه است.

چین‌وچروک‌ها و رشته‌کوه‌ها

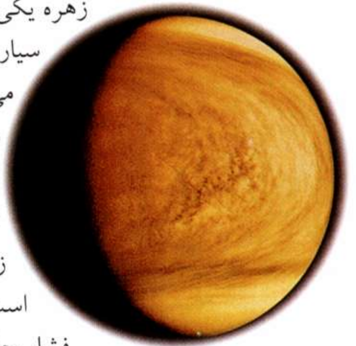
عطارد جوان، سریع‌تر از حال به دور خود می‌چرخیده و گرم‌تر نیز بوده است. وقتی چرخش آن آهسته‌تر شد، چین‌وچروک‌هایی بر سطح آن شکل گرفت و وقتی این سیاره سرد شد، منقبض هم شد. وقتی پوسته در اطراف ناحیه‌ی منقبض شده چروک خورد، رشته‌کوه‌هایی پدید آمدند. با توجه به شکل و ضخامت بسیار کم پوسته‌ی عطارد در مقایسه با هسته‌ی بزرگ و غیرعادی آن، احتمال دارد که هنگام پیدایش عطارد، برخوردی سهمگین پوسته‌ی اولیه را به فضا پرتاب کرده باشد.



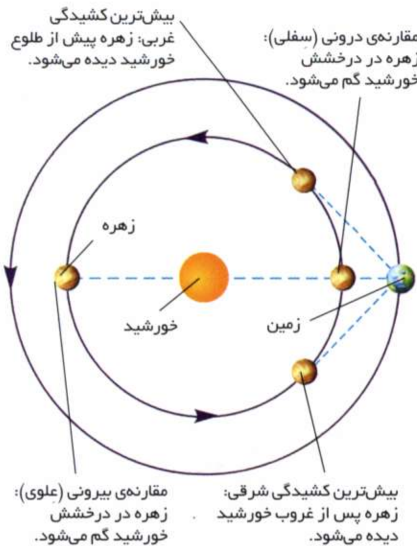
بِتهوون

دهانه‌ی برخوردی بِتهوون، دومین عارضه‌ی بزرگ سطح عطارد به قطر ۶۴۳ کیلومتر است. بستر این دهانه با مواد آتش‌فشانی پُر کرده و برخوردهای شهاب‌سنگی بعدی آن را سوراخ سوراخ کرده است. بسیاری از دهانه‌های سطح عطارد، به یاد مردان و زنان هنرمند نام‌گذاری شده است. این دهانه هم به یاد لودویگ فون بتهوون (۱۷۷۰ ـ ۱۸۲۷)، آهنگ‌ساز آلمانی، نام‌گذاری شده است.

زهره (ناهید)

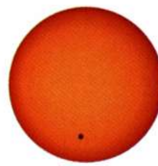

نمای بالای ابرهای زهره

زهره یکی از سیاره‌های درونی است؛ زیرا به خورشید نزدیک‌تر از زمین است. زهره سیاره‌ای سنگی و از نظر اندازه، مشابه زمین است؛ اما شباهت آن‌ها همین‌جا خاتمه پیدا می‌کند. زهره دنیایی تیره و خشن از آتش‌فشان‌ها، همراه با جوّی خفه‌کننده است. دمای متوسط آن بالاتر از هر سیاره‌ی دیگری است. از روی زمین فقط می‌توانیم ابرهای این سیاره را ببینیم. زیر این پوشش ضخیم گاز، فوران‌های آتش‌فشانی مناظر بی‌نظیری را شکل داده است. زهره را از نظر اندازه و جرم خواهر دوقلوی زمین می‌دانند؛ اما درون آن دنیایی متفاوت با دمای متوسط ۴۶۴ درجه‌ی سانتی‌گراد است که حتی سرب هم در آن ذوب می‌شود. فشار جوّی خُردکننده‌ی آن ۹۰ برابر فشار جوّ زمین است.



مدار زهره

زهره به خورشید، نزدیک‌تر از زمین است. به این سبب، در حین گردش به دور خورشید، گاهی از میان زمین و خورشید و گاهی در سوی دیگر مدار خود به زمین، از پشت خورشید می‌گذرد. زهره در زمان این مقارنه‌های درونی و بیرونی، در درخشش خیره‌کننده‌ی خورشید از نظرها گم می‌شود. اما در زمان بیش‌ترین کشیدگی‌هایش، یعنی وقتی در آسمان از خورشید دورتر از همیشه است، در بیش‌ترین ارتفاع و تقریباً در درخشان‌ترین حالت است. در این زمان‌ها، این سیاره یا پس از غروب یا پیش از طلوع خورشید دیده می‌شود. در هر ۱/۵ سال وضعیت مداری زهره و زمین نسبت به هم تکرار می‌شود. در نتیجه، هر ۱/۵ سال یک‌بار مقارنه‌ی درونی رخ می‌دهد که ممکن است زهره از مقابل قرص خورشید بگذرد. اما انحراف ۳/۴ درجه‌ای مدار زهره از صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی، سبب می‌شود این سیاره از بالا یا پایین خورشید عبور کند. در نتیجه، گذر آن به پدیده‌ای بسیار نادر تبدیل می‌شود که تقریباً در هر قرن ۲ بار رخ می‌دهد. گذرها به صورت جفتی با تفاوت ۸ سال پدید می‌آیند. آخرین گذر زهره در سال ۲۰۰۴ /۱۳۸۳ از ایران نیز دیده شد و بعدی در سال ۲۰۱۲ /۱۳۹۱ رخ خواهد داد. سپس جفت دیگری در سال‌های ۲۱۱۷ و ۲۱۲۵ بازخواهند گشت.


گذر زهره از مقابل خورشید

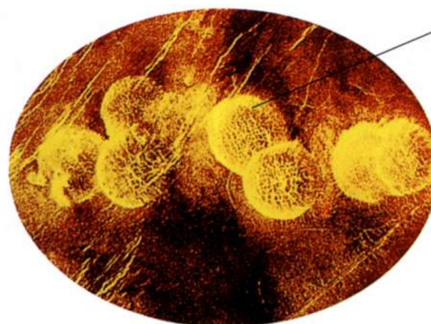
عوارض سطحی

سطح زهره، در طول زندگی آن تغییر بسیاری کرده است. سطح فعلی سیاره (در مقایسه با تاریخ ۴/۵ میلیارد ساله‌ی منظومه‌ی شمسی)، فقط نیم میلیارد سال قدمت دارد. سرزمین‌های سنگی، که امروز بر سطح آن می‌بینیم، به سبب فعالیت‌های شدید آتش‌فشانی شکل گرفته‌اند و این فرایندی است که هنوز هم ادامه دارد. دشت‌هایی از مواد آتش‌فشانی و نواحی مرتفع، بیش‌تر سطح سیاره را پوشانده‌اند. گسترده‌ترین ناحیه‌ی مرتفع فلات آفرودیت است که چند کوه آتش‌فشانی، از جمله قله‌ی مات، دارد.

قله‌ی مات، یکی از بزرگ‌ترین آتش‌فشان‌های زهره، ۹ کیلومتر از زمین‌های اطراف خود مرتفع‌تر است. قطر آن نیز به ۴۰۰ کیلومتر می‌رسد.

جریان‌های گدازه صدها کیلومتر در دشت‌های کوه‌پایه‌ی قله‌ی مات روان می‌شوند.

نمای رایانه‌ای که با استفاده از اطلاعات و تصاویر راداری فضاپیمای ماژلان ساخته شده است.



آتش‌فشان‌ها

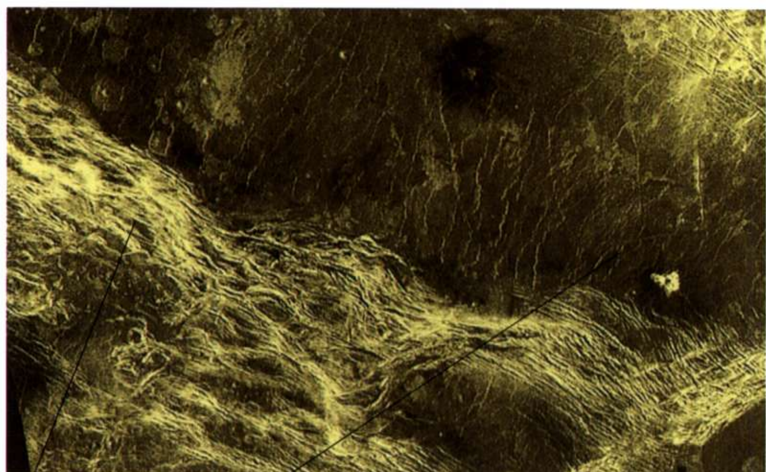
فعالیت آتش‌فشانی همه جا روی زهره واضح است. بر سطح آن جریان‌های طویلی از گدازه‌ها، دهانه‌های آتش‌فشانی و آتش‌فشان‌های گنبدی و سپر شکل دیده می‌شود. ۱۵۶ آتش‌فشان بزرگ با قطر بیش از ۱۰۰ کیلومتر، تقریباً ۳۰۰ آتش‌فشان با قطر بین ۲۰ تا ۱۰۰ کیلومتر و دست کم ۵۰۰ مجموعه آتش‌فشان کوچک‌تر شناسایی شده است. گنبدهای کلوچه مانند و آتش‌فشان‌های عنکبوتی به سبب شکل غیرعادی‌شان قابل توجه‌اند.




دهانه‌ی برخوردی در دشت لاوینیا

دهانه‌های برخوردی

تا به حال، روی زهره حدود هزار دهانه‌ی برخوردی شناسایی شده است. قطر این دهانه‌ها از ۱/۵ تا ۲۸۰ کیلومتر متفاوت است. دهانه‌های کوچک‌تر روی زهره دیده نمی‌شوند؛ زیرا جوّ غلیظ این سیاره، اجازه‌ی نفوذ اجرام کوچک را نمی‌دهد. بیش از ۶۰درصد از دهانه‌های برخوردی زهره، آسیبی ندیده و در وضعیت اصلی خود باقی مانده‌اند. حلقه‌های آن‌ها به وضوح قابل شناسایی‌اند و اطرافشان را مواد پرتابی از برخورد پوشانده است. معدودی از ۴۰درصد دهانه‌ی باقی‌مانده، در اثر گدازه‌های آتش‌فشانی آسیب دیده‌اند. بقیه هم تحت تأثیر ترک‌ها و حرکت‌های پوسته‌ی زهره بوده‌اند.

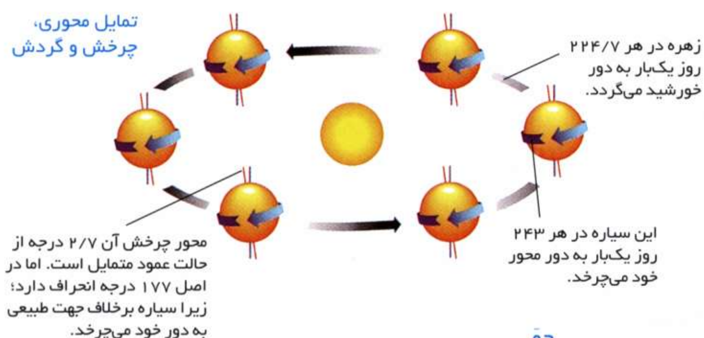


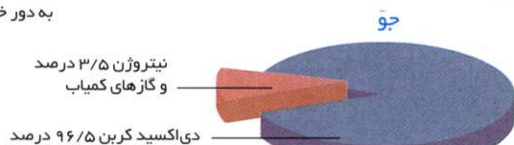
دشت‌های زهره

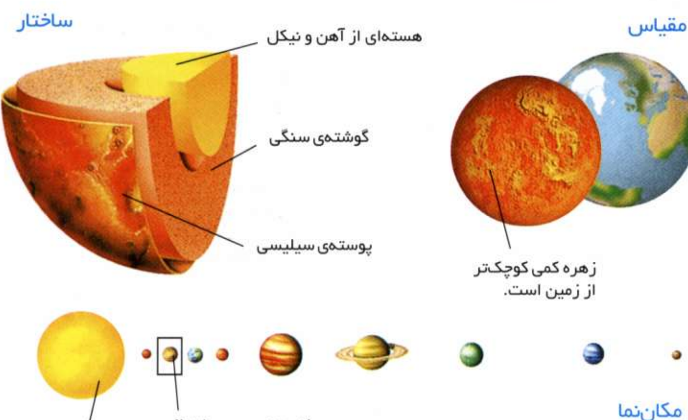
بیش از سه‌چهارم سطح زهره را دشت‌هایی پوشانده‌اند که بیش‌تر آن‌ها حاصل فرآیندهای آتش‌فشانی هستند. علامت مشخصه‌ی این دشت‌ها، دهانه‌های آتش‌فشانی و برخوردی، جریان‌های گدازه و عوارضی است که باد در زهره آن‌ها را شکل می‌دهد.

زهره در یک نگاه

زهره سیاره‌ای سنگی با ساختار و اندازه‌ی مشابه زمین است. اما جوّ آن باعث شده است که داغ‌ترین سیاره در منظومه‌ی شمسی باشد. این سیاره به آهستگی خلاف جهت دیگر سیاره‌ها (در جهت ساعت‌گرد) به دور خود می‌چرخد؛ زیرا محور چرخش آن حدود ۱۸ درجه از حالت عادی منحرف شده است. دلیل چرخش بسیار کند زهره (کندترین در منظومه‌ی شمسی) شناخته شده نیست؛ اما احتمالاً نیروی کشندی خورشید، اصطکاک سطح با جوّ غلیظ آن یا برخورد فضایی سهمگینی، در این کندی نقش داشته است.







مکان‌نما

خورشید

زهره دومین سیاره از سمت خورشید است.

شناسنامه	
قطر	۱۲۱۰۴ کیلومتر
فاصله‌ی متوسط از خورشید	۱۰۸/۲ میلیون کیلومتر
سرعت مداری به دور خورشید	۳۵/۰۲ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور خورشید)	۲۲۴/۷ روز
از یک طلوع تا طلوع بعدی (شبانه‌روز)	۱۱۷ روز
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	۲۴۳ روز
جرم (زمین = ۱)	۰/۸۲
حجم (زمین = ۱)	۰/۸۶
چگالی متوسط (آب = ۱)	۵/۲
گرانش سطحی (زمین = ۱)	۰/۹
تمایل محوری (از حالت عمود بر صفحه‌ی مداری)	۱۷۷/۴ درجه
انحراف مداری (از دایرةالبروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۳/۴ درجه
دمای متوسط سطحی	۴۶۴ درجه‌ی سانتی‌گراد
تعداد قمرها	صفر (۰)

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴، کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶، جوّ زهره ۱۲۸
سطح زهره ۱۳۰، مریخ (بهرام) ۱۳۲، سیارک‌ها ۱۶۶، برخوردها ۱۷۰

جوّ زهره

حدود ۴میلیارد سال پیش، که زمین و زهره جوان بودند، جوّ این دو سیاره شبیه هم بود. اما امروز همه چیز بسیار متفاوت است. جوّ زهره، که جرمش ۱۰۰ برابر بیش‌تر از جوّ زمین است، آن‌قدر ضخیم شده است که از روی سطح آن دیگر نمی‌توان ستاره‌ها را دید. جوّ این سیاره بیش‌تر شامل دی‌اکسیدکربن و کمی غبار گوگرد و قطره‌های اسید سولفوریک حاصل از فوران‌های آتش‌فشانی بسیار است. این جوّ خشن، زهره را به سرزمینی گرم، بسیار خشک، تیره و تار و خفقان‌آور تبدیل کرده است. فشار جوّی بر سطح زهره ۹۰ آتمسفر، ۹۰ برابر فشار جوّی بر سطح زمین و برابر فشار خُردکننده‌ی آب در عمق ۹۰۰ متری است.



سیاره‌ی زهره در آسمان صبحگاهی تفرش

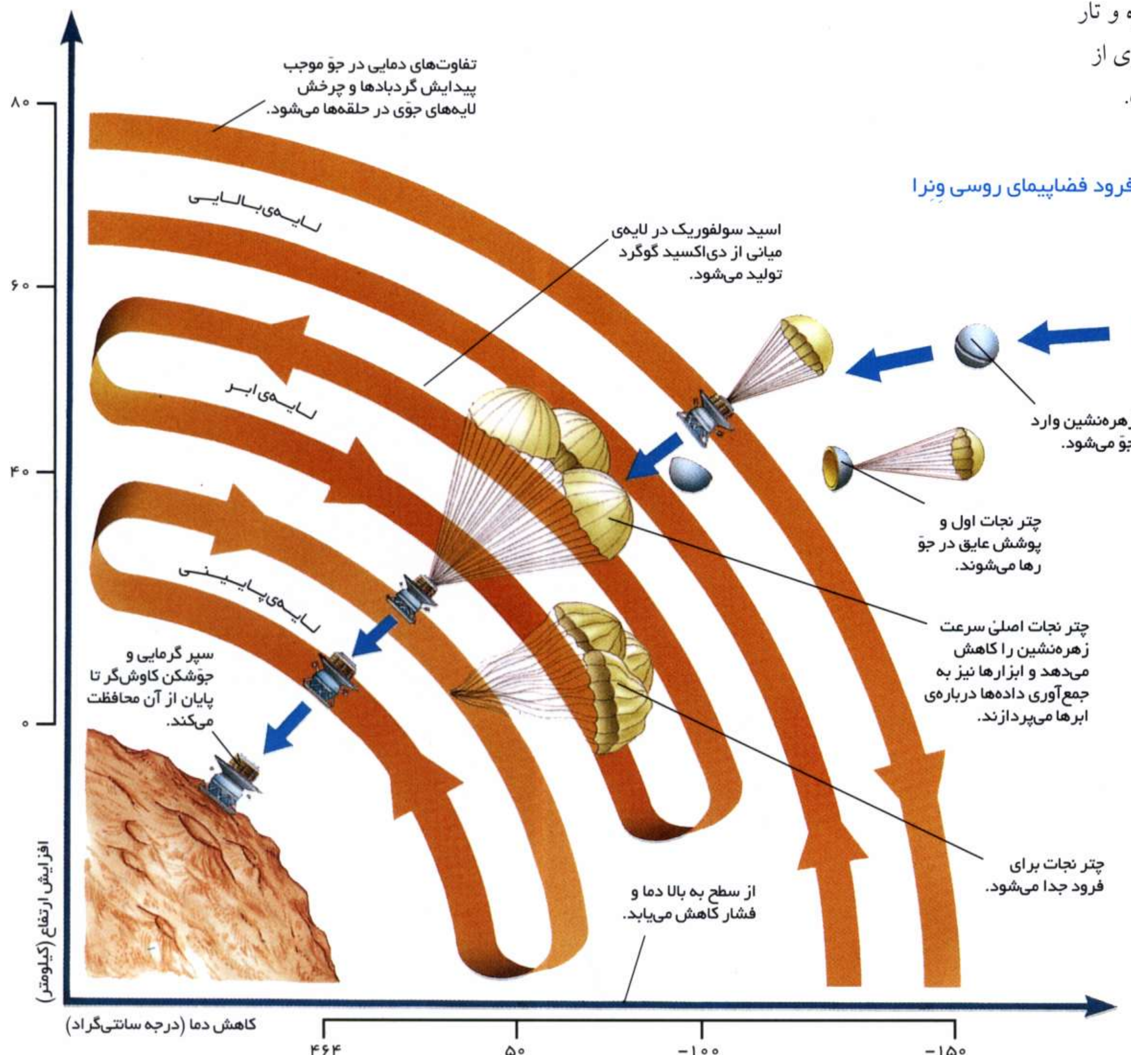
از افسانه‌ی زیبایی تا سیاره‌ی بشقاب پرنده

ابرهای جوّ زهره بازتاب‌کننده‌ی قوی نور خورشیدند و زمین نزدیک‌ترین همسایه‌ی این سیاره. به این سبب، زهره دومین جرم درخشان آسمان پس از ماه است که در پُرنورترین حالت به قدر ۴/۸-، یعنی حدود ۱۶ برابر پُرنورترین ستاره‌ی آسمان شب می‌رسد. نور تابناک آن سبب شده است که در افسانه‌های باستان جای بگیرد. بسیاری آن‌را الهه‌ی زیبایی می‌دانستند که سر شب یا دم صبح ظاهر می‌شد. یونانیان آن‌را نماد آفرودیت (الهه‌ی زیبایی) و رومیان آن‌را ونوس می‌دانستند. در میان‌رودان باستان و تمدن ایلامی در جنوب غرب ایران، آن‌را نماد ایشتار یا ایشتر، الهه‌ی باروری، تصور می‌کردند. در دوره‌های بعدی نیز در ایران با نام آناهیتا یا ناهید (الهه یا فرشته‌ی آب و رویش) شناخته می‌شد. در سوی دیگر جهان، در تمدن مایا در آمریکای مرکزی زهره را ستایش می‌کردند و منجمان مایایی حدود ۲هزار سال پیش رصدخانه‌ای برای دنبال کردن حرکت آن ساخته بودند.

حتی امروز هم برای ناآشنایان با آسمان شب، سیاره‌ی زهره جرمی اسرارآمیز است. وقتی این سیاره به بیش‌ترین کشیدگی‌های خود می‌رسد و جرمی تابناک بر فراز افق می‌شود، برخی را چنان غافل‌گیر می‌کند که تصور می‌کنند بشقاب پرنده، ماهواره‌ی جاسوسی، هواپیمای دشمن، یا انفجاری آسمانی دیده‌اند!

ساختار جوّ

درست بر فراز سطح زهره، مرز مشخصی آغاز جوّ را نشان می‌دهد و این لایه‌ی جوّ تا ارتفاع حدود ۴۰ کیلومتری ادامه دارد. بالاتر از آن لایه‌ی ضخیم و یک‌دستی از ابر تا ۲۰ کیلومتر دیگر ادامه دارد. این ابرها، که شامل غبار و اسید سولفوریک هستند، از رسیدن مستقیم نور خورشید به سطح سیاره جلوگیری می‌کنند و زهره را همیشه تیره و تار نگه‌می‌دارند. سرانجام، لایه‌ی شفاف و نامتراکم دیگری از جوّ دست کم تا ۲۰ کیلومتر دیگر گسترده شده است.



گردبادهای قطبی

بررسی‌های مدارگرد اروپایی ونوس اکسپرس در سال ۲۰۰۶ نشان داد که دو گردباد بسیار فشرده به هم، در قطب شمال فعال و پایدارند. در زمین، تفاوت سرعت و جهت حرکت توده‌های جوّی و سطح سیاره به پیدایش گردبادها و تندبادهای عظیم کمک می‌کند. اما در زهره، برخلاف آن، سرعت چرخش سیاره چنان کند است که عامل اصلی پیدایش گردبادها فقط تفاوت شدید دمایی در جوّ سیاره است.

بررسی‌های جوّی

فضاپیماهایی که برای شیرجه‌رفتن در جوّ زهره ارسال می‌شوند، باید از ابرهای فرساینده و فشار بسیار زیاد جان سالم به‌در ببرند. تعدادی از این کاوش‌گرها وارد جوّ زهره شدند و برخی موفق شدند به سطح آن برسند. آن‌ها در مدت کوتاهی که دوام آوردند، ساختار و ترکیبات جوّ و گستره‌ی تغییرات دما و فشار را آشکار کردند.



الگوهای جوّی

جوّ به سرعت دور این سیاره‌ی سنگی حرکت می‌کند. تصاویر فرابنفش از فراز ابرها نشان می‌دهد که ابرها در جهت شرق به غرب حرکت می‌کنند و حدود ۴ روز دور سیاره می‌گردند. ابرها در همان جهتی حرکت می‌کنند که سیاره می‌چرخد. اما حرکت ابرها ۶۰ بار سریع‌تر و تا ۳۵۰ کیلومتر بر ساعت است. در ارتفاع پایین‌تر، حرکت‌های جوّی بسیار آهسته‌تر است و سرعت بادهای سطحی به سختی به ۱۰ کیلومتر بر ساعت می‌رسد.

اهله‌ی زهره

دو سیاره‌ی درون‌مدار زمین، عطارد و زهره نیز، مانند ماه اهله دارند. به این ترتیب، ما در زمان‌های گوناگون، مقدار متفاوتی از سطح نورخورده‌ی آن‌ها را می‌بینیم. ما هیچ‌گاه قرص کامل زهره را نمی‌بینیم؛ زیرا زمانی که کل سطح نورخورده‌ی آن رو به زمین است، سیاره تقریباً پشت قرص خورشید پنهان می‌شود. با حرکت زهره به دور خورشید و نزدیک‌تر شدن به زمین، قرص این سیاره در آسمان زمین بزرگ‌تر می‌شود؛ اما ما هلال کوچک و کوچک‌تری از سطح نورخورده‌ی آن‌را می‌بینیم تا زهره در نزدیک‌ترین فاصله از زمین، به مقارنه‌ی درونی با خورشید برسد و از دید ما مدتی ناپدید شود. فاصله‌ی زهره در دورترین و نزدیک‌ترین حالت به زمین، به اندازه‌ی قطر مدار این سیاره تغییر می‌کند و سبب می‌شود هلال باریک زهره نزدیک به مقارنه‌ی درونی تا شش بار بزرگ‌تر از قرص آن در مقارنه‌ی بیرونی باشد. اندازه‌ی زهره تا حدود یک دقیقه‌ی قوس، یعنی حدّ فرضی توان تفکیک چشم انسان، بزرگ می‌شود.

این تصاویر فرابنفش را مدارگرد پایونیر ـ ونوس در ماه‌های مه و ژوئن سال ۱۹۸۰، از فاصله‌ی حدود ۵۰هزار کیلومتری گرفته است. فاصله‌ی زمانی هر عکس حدود ۵ ساعت است.

الگوها به سرعت، با سرعت گرفتن ابرها بر فراز سطح، تغییر می‌کنند.

حرکت ابرهای بالایی الگوهای Y ـ یا V ـ شکل می‌سازند.

در این تصاویر، ابرهای بالایی از راست به چپ حرکت می‌کنند.

گازهای داغ از استوا با حرکتی مارپیچی به سوی نواحی قطبی می‌روند.

حرکت ابرها

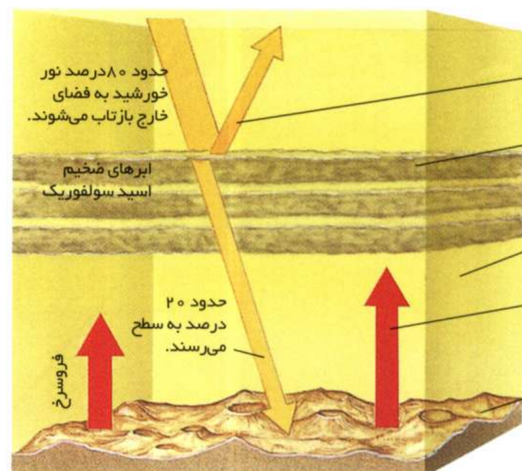
حرارت خورشید ابرها را به دور زهره به حرکت درمی‌آورد. وقتی خورشید گازهای بخش استوایی جوّ را گرم می‌کند، هوای گرم بلند می‌شود و به سوی نواحی خنک‌تر قطبی حرکت می‌کند. این گازهای تازه از راه رسیده، وقتی خنک شوند، در لایه‌ی پایینی ابر ته‌نشین می‌شوند. سپس به استوا بازمی‌گردند و این فرآیند از نو آغاز می‌شود.

فضاپیماهای زهره‌شناس

نام	نوع	تاریخ سفر	دست‌آوردها
مارنیر ۲	گذرنده	دسامبر ۱۹۶۲	کشف دی‌اکسید کربن در جوّ
ونرا ۴	ورود به جوّ	اکتبر ۱۹۶۷	نخستین ارسال داده‌ها از جوّ
ونرا ۵ و ۶	ورود به جوّ	مه ۱۹۶۹	آزمایش جوّ، احتمالاً با سطح برخورد کرد.
ونرا ۷ و ۸	زهره‌نشین	دسامبر ۱۹۷۰ ژوییه‌ی ۱۹۷۲	نخستین زهره‌نشین‌هایی که داده‌هایی را از سطح زهره به زمین فرستادند.
ونرا ۹ و ۱۰	مدارگرد / زهره‌نشین	اکتبر ۱۹۷۵	هر یک از زهره‌نشین‌ها عکسی از سطح پُر از سنگ زهره فرستادند.
پایونیر ـ ونوس ۱	مدارگرد	دسامبر ۱۹۷۸	نخستین نقشه‌ی راداری سیاره
پایونیر ـ ونوس ۲	چند کاوش‌گر	دسامبر ۱۹۷۸	پنج کاوش‌گر ترکیبات و ساختار جوّ را بررسی کردند.
ونرا ۱۱ و ۱۲	گذرنده / زهره‌نشین	دسامبر ۱۹۷۸	زهره‌نشین‌ها به سطح سیاره رسیدند اما دوربین‌های تلویزیونی از کار افتادند.
ونرا ۱۳ و ۱۴	زهره‌نشین	مارس ۱۹۸۲	نخستین تصاویر رنگی از سطح؛ نخستین نمونه‌های خاک تحلیل شدند.
ونرا ۱۵ و ۱۶	مدارگرد	اکتبر ۱۹۸۳	تصاویر راداری از سطح سیاره
وگاس ۱ و ۲	ورود به جوّ / زهره‌نشین	ژوئن ۱۹۸۵	کاوش‌گرهای بالُنی جوّ را بررسی کردند؛ زهره‌نشین‌ها سطح را آزمایش کردند.
ماژلان	مدارگرد	۱۹۹۴ - ۱۹۹۰	تصویربرداری راداری از سطح سیاره
ونوس اکسپرس	مدارگرد	- ۲۰۰۶	بررسی جوّ زهره

بیش‌تر بدانیم

کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶، جوّ زمین ۱۰۶، ماه ۱۱۰، زهره (ناهید) ۱۲۶
سطح زهره ۱۳۰، جوّ مشتری ۱۴۴



نور خورشید از ابرهای بالایی بازتاب می‌شود.

ابرها مانع رسیدن بیش‌تر نور به سطح می‌شوند.

لایه‌ی دی‌اکسید کربن حرارت را نگه‌می‌دارد.

تابش فروسرخی که از سطح بازتاب می‌شود، نمی‌تواند به فضا فرار کند.

دمای سطحی ۴۶۴ درجه‌ی سانتی‌گراد است؛ حدود ۴۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بالاتر از وضعیتی که این سیاره جوّ نداشته باشد.

اثر گل‌خانه‌ای

کمتر از یک‌چهارم نوری که از خورشید به زهره می‌تابد، به سطح این سیاره می‌رسد. نوری که از میان ابرها رد می‌شود، سطح را گرم و حرارت را به شکل تابش فروسرخ آزاد می‌کند. مانند شیشه‌ی گل‌خانه که حرارت را به دام می‌اندازد، جوّ پُر از دی‌اکسید کربن زهره نیز تابش فروسرخ را به دام می‌اندازد. از آن‌جا که دی‌اکسید کربن یکی از گازهای گل‌خانه‌ای است، دما روی زهره افزایش می‌یابد و این سیاره همیشه بسیار داغ است، البته دما از حدود ۴۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بیش‌تر نمی‌شود؛ زیرا فراتر از آن، گرما ملکول‌های گاز گل‌خانه‌ای را می‌شکند و سبب خروج تابش گرمایی و خنک شدن سیاره می‌شود.

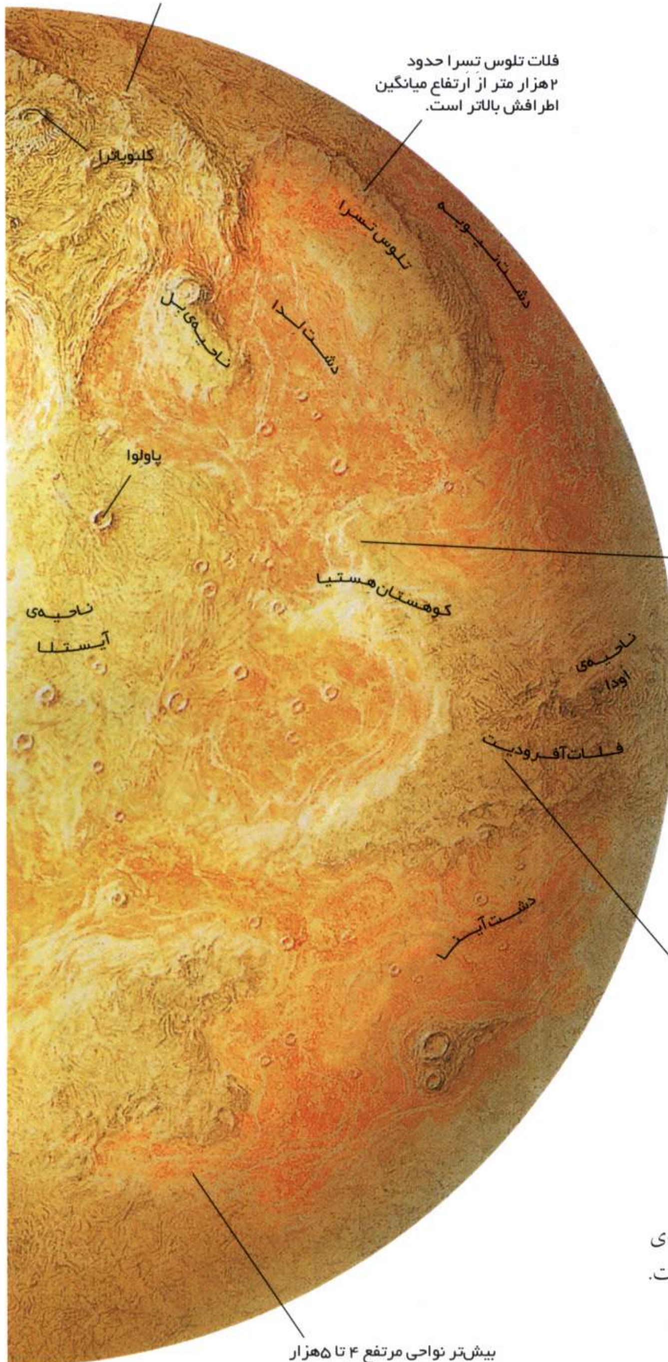
سطح زهره

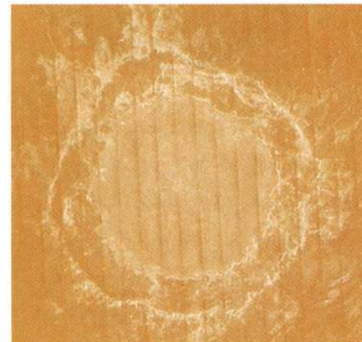
با این‌که زهره نزدیک‌ترین سیاره به زمین است، سطح آن همواره زیر ابرها پنهان است. به همین سبب، تا چند دهه‌ی پیش، برخی دانشمندان آن‌را سیاره‌ای شبیه زمین و با وضعیت میزبانی حیات می‌پنداشتند. اما در همین چهار دهه‌ی گذشته، موفق شدند از میان ابرهای زهره چیزهایی ببینند. آن‌ها از فنون راداری، شبیه رادار هواپیما، استفاده کردند که موقعیت هواپیما را از میان ابر و مِه مشخص می‌کند. داده‌هایی که ابزارهای زمینی و فضاپیماهای مدارگرد جمع‌آوری کردند، سبب به‌دست آمدن نقشه‌ای از کل سیاره شد. جزیی‌ترین داده‌ها را فضاپیمای ماژلان، موفق‌ترینِ مدارگردهای زهره، تهیه کرد. همان‌طور که این نما از یک روی زهره نشان می‌دهد، این سیاره پُر از دشت‌های آتش‌فشانی و برخی نواحی مرتفع است. به سبب دمای زیاد سطح سیاره، در هیچ بخشی از آن رود، دریاچه یا دریایی از آب وجود ندارد؛ اما وجود رودهایی از گدازه امکان‌پذیر است.



قلّه‌ی ماکسوِل

در میانه‌ی فلات ایشتار، ناحیه‌ی مرتفعی به ابعاد استرالیا به نام قلّه‌ی ماکسوِل وجود دارد. ارتفاع این قله، که بلندترین نقطه‌ی سطح زهره است، ۱۲هزار متر است. مجموعه کوه‌های ماکسول حدود ۸۰۰ کیلومتر گسترده‌اند و بخش بارزی از نواحی شمالی زهره‌اند. آن‌ها در نخستین نقشه‌های راداری سطح زهره، که از روی زمین به دست آمده بود، دیده شدند.





دهانه‌ی مید

دهانه‌ی چند حلقه‌ای مید حدود ۲۸۰ کیلومتر قطر دارد و بزرگ‌ترین دهانه‌ی برخوردی روی زهره است. درون حلقه‌ی این دهانه، بستری ناهموار است که ناحیه‌ای پُرتپه در مرکز آن قرار دارد. خارج از دهانه، باد موادی را که در زمان برخورد پرتاب شده‌اند، فرسوده کرده و شبکه‌ای از تیغه‌های سنگی باریک باقی گذاشته است. فاصله‌ی میان این تیغه‌ها را هم باد فرسوده است.



فلات آفرودیت

فلات آفرودیت، گسترده‌ترین ناحیه‌ی مرتفع روی سطح زهره، ۶هزار کیلومتر پهنا و حدود ۱۷هزار کیلومتر طول دارد و در ناحیه‌ی استوایی سیاره گسترده شده است. بزرگی آن برابر قاره‌ی آفریقاست. در بخش غربی این فلات، شواهد کمی از فعالیت آتش‌فشانی به‌چشم می‌خورد. اما بخش شرقی را ناحیه‌ی آتلا اشغال کرده که برآمدگی آتش‌فشانی عظیمی شامل درّه‌های شکاف‌مانند و قلّه‌های آتش‌فشانی، مانند قلّه‌ی مات است.

فرود بر سطح

- در سال ۱۹۷۰، کاوش‌گر روسی ونِرا ۷ نخستین کاوش‌گری بود که بر سطح زُهره فرود آمد. این کاوش‌گر داده‌هایی به زمین فرستاد.
- نخستین تصویر از سطح زهره را فضاپیمای وِنرا ۹ در سال ۱۹۷۵ گرفت و سرزمینیِ پُر از سنگ را به تصویر کشید.
- در سال ۱۹۸۲، وِنرا ۱۳ تصاویر رنگی از سطح زهره به زمین فرستاد و برای نخستین بار، خاک زهره را تجزیه و تحلیل کرد.

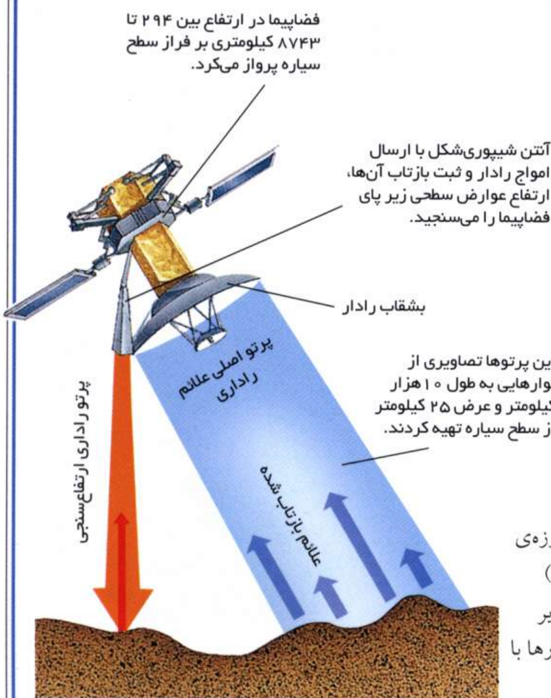


تصویر رنگی از وِنرا ۱۳

- زهره‌نشین‌های کوچکی که کاوش‌گرهای روسی وگاس ۱ و ۲ در سال ۱۹۸۵ بر سطح زُهره رها کردند، دما و فشار سطحی را اندازه‌گیری و سنگ‌ها را آزمایش کردند.

تصویر ماژلان از دشت لاکشمی
(تصویر رایانه‌ای از اطلاعات راداری).





روش نقشه‌برداری فضاپیمای ماژلان

ماژلان

بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴، فضاپیمای ماژلان طی ۴ جلسه‌ی ۲۴۳ روزه‌ی نقشه‌برداری، از ۹۸درصد از سطح زهره (به‌جز ناحیه‌ی قطب شمال آن) داده‌هایی جمع‌آوری کرد. دو پرتو رادارْ نوارهای بلند و باریک سطح زیر پای فضاپیما را نقشه‌برداری می‌کردند. داده‌های به‌دست آمده از این نوارها با هم ترکیب شد تا تصاویری از نواحی بزرگ سطح زهره به‌دست آید.

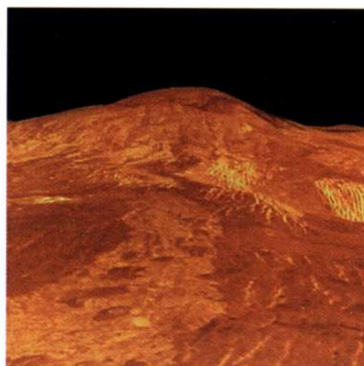
فلات ایشتار فلاتی مرتفع است که کمربندهای کوهستانی باریکی دور تا دور آن را احاطه کرده‌اند.

فلات ایشتار
دشت لاکشمی
کولت
کوه‌های وستا
کوه‌های اوت
ساکاگاوی
دشت سدنا
قلّه‌ی گولا
سافو پاترا
ناحیه‌ی آیستلا
دشت گینویر
دشت ناوکا
ناحیه‌ی فوبه
دشت تینانتین
ناحیه‌ی آلفا
قلّه‌ی اینینی
قلّه‌ی هتور
حوّا
دشت لاوینیا
لادا

دشت لاکشمی دشت آتش‌فشانی همواری است که دو آتش‌فشان بزرگ سپرمانند، به نام‌های کولت و ساکاگاوی، به آن مشرف هستند.

قلّه‌ی سیف

هزاران قلّه‌ی آتش‌فشانی، که جابه‌جا در سرتاسر سطح زهره پراکنده‌اند، خروجی‌هایی هستند که حرارت درونی سیاره از آن‌ها و از میان پوسته بیرون می‌زند. برخی از بزرگ‌ترین قلّه‌های آتش‌فشانی، مانند قلّه‌ی سیف (SIF)، در ناحیه‌ی آیستلا یافت شده‌اند. ارتفاع قلّه‌ی سیف از دشت‌های اطراف، تقریباً ۲هزار متر و قطر دهانه‌ی آن ۳۰۰ کیلومتر است.



ناحیه‌ی آلفا

نخستین عارضه‌ی سطحی زهره، که با کمک رادارهای زمینی کشف شد، ناحیه‌ی آلفا بود. ناحیه‌ی آلفا، که در نیم‌کره‌ی جنوبی زهره قرار دارد، منطقه‌ای از ارتفاعات آتش‌فشانی با وسعت حدود ۱۳۰۰ کیلومتر است. این ناحیه شامل تپه‌های کم‌ارتفاع و گنبدی، تیغه‌های متقاطع و دره‌هاست.

عوارض سطحی

زهره سیاره‌ای بسیار هموار است و حدود ۹۰درصد سطح آن ارتفاعی بیش از ۳ کیلومتر ندارد. دشت‌های کم‌ارتفاع آتش‌فشانی ۸۵درصد از سطح آن را پوشانده‌اند. ۱۵درصد باقی‌مانده شامل تعدادی نواحی مرتفع، به نام فلات یا ناحیه، است که به سبب حرکت پوسته‌ی سیاره بالا زده‌اند. ماژلان عوارض منفردی به کوچکی ۱۲۰ متر شناسایی کرد و تپه‌های شنی و رگه‌هایی در سنگ‌ها یافت که در اثر باد شکل گرفته بودند.

دشت لاوینیا دشتی از گدازه است که ناحیه‌ی آلفا آن را از سایر دشت‌های گدازه‌ای سطح زهره جدا کرده است.



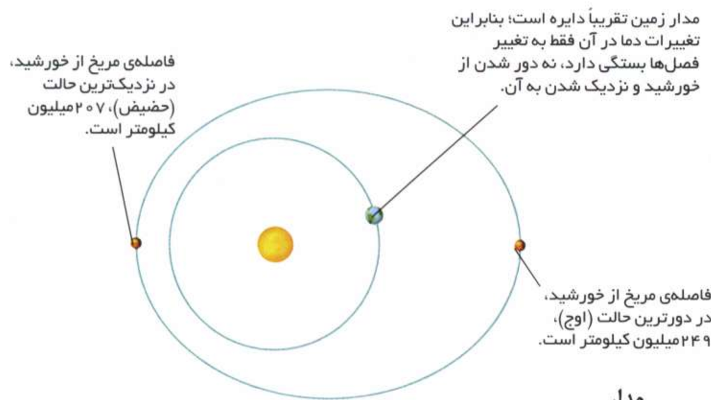
داده‌های ماژلان حدود ۴هزار عارضه‌ی سطحی به نقشه‌ی کل سطح زهره افزود. بسیاری از این عوارض به نام زنان مشهور تاریخ نام‌گذاری شده‌اند؛ مانند حوّا که به نقل از کتاب‌های مقدس، نخستین زن تاریخ به‌شمار می‌رود. نام ناهید نیز در عوارض سطح زهره دیده می‌شود. اما جالب‌تر از آن دهانه‌ای ۳۰ کیلومتری در نیم‌کره‌ی جنوبی زهره در دشت تینانتین به نام اندامی است که به یاد دکتر آذر اندامی، پزشک و باکتری‌شناس ایرانی، نام‌گذاری شده است.

بیش‌تر بدانیم

کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶
عطارد (تیر) ۱۲۲، زهره (ناهید) ۱۲۶
جوّ زهره ۱۲۸

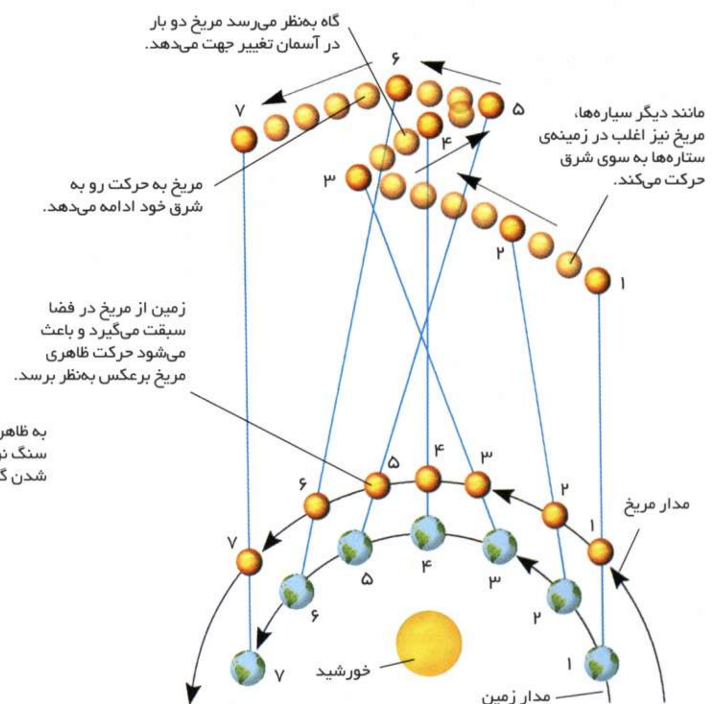
مریخ (بهرام)

سیاره‌ی مریخ به نام ایزد جنگ در روم باستان، مارس، و در ایران باستان، بهرام، نام‌گذاری شده است؛ زیرا چهره‌اش عصبانی و سرخ‌رنگ است! به همین سبب، گاهی آن را سیاره‌ی سرخ می‌نامند. مریخ از مواد سنگی و چگال تشکیل شده و همراه با عطارد و زهره و زمین، یکی از چهار سیاره‌ی خاکی زمین‌مانند در بخش درونی منظومه‌ی شمسی است. فاصله‌ی مریخ از خورشید ۱/۵ برابر فاصله‌ی زمین است. از مدت‌ها پیش تصور وجود هوش‌مندانی در مریخ، در ذهن بشر بود. اما فضاپیماها از دهه‌ی ۱۹۶۰ به بعد نشان دادند که این سیاره جوّی رقیق، سرمای زیاد، توفان غبار و وضعیت نامطلوبی برای حیات تکامل یافته دارد. با وجود این، احتمال می‌رود که مریخ زمانی پوشیده از آب و خوش‌اقلیم بوده است. این سیاره‌ی کوچک به قطر نصف زمین، برخی از شگفت‌انگیزترین عوارض جغرافیایی و پدیده‌ها را دارد.



مدار

مدار مریخ از مدار زمین بیضی‌تر است. به همین سبب، فاصله‌ی آن از خورشید بیش‌تر تغییر می‌کند. مریخ در نزدیک‌ترین حالت به خورشید، ۴۵درصد به آن نزدیک‌تر است تا در دورترین حالت. در زمین، تغییر دما در اثر تغییر فصل‌ها و به سبب تمایل محور چرخش سیاره است. اما در مریخ، دور و نزدیک شدن سیاره به خورشید هم نقش دارد. امکان دارد دمای سطح مریخ بین ۱۲۵- درجه تا ۲۲ درجه‌ی سانتی‌گراد تغییر کند.



سرزمین‌های هموار و کم‌ارتفاع شمالی پس از دوره‌ی بمباران شدید شهاب‌سنگی شکل گرفته‌اند.

نواحی رنگ‌پریده‌ی دورتادور لبه‌ی دهانه‌های برخوردی رسوب‌های غبارِ باد آورده‌اند.

به ظاهر، نواحی تیره مناطقی از سنگ نرم‌دانه‌اند که از جامد شدن گدازه‌ها شکل گرفته‌اند.

حرکت برگشتی یا رجوعی

سیاره‌ها در زمینه‌ی ستاره‌ها، به مرور جابه‌جا می‌شوند؛ زیرا آن‌ها و زمین، به دور خورشید در گردش‌اند. اما سیاره‌ها، به‌خصوص مریخ، گاهی برعکس در آسمان حرکت می‌کنند. این حرکت ظاهری، به سبب تفاوت سرعت مداری زمین و سیاره، حرکت برگشتی یا رجوعی نام دارد. سیاره هم‌چنان در مدار خود به سوی جلو حرکت می‌کند؛ اما به‌نظر می‌رسد که عقب می‌افتد. زیرا زمین، که سریع‌تر از مریخ به دور خورشید می‌گردد، از آن سبقت می‌گیرد. این موضوع به شکل نامحسوسی برای سیاره‌های دورتر و سیاره‌های زیرین مثل زهره نیز رخ می‌دهد. زیرا در حرکت مداری از زمین جلو می‌زنند.

عوارض سطحی

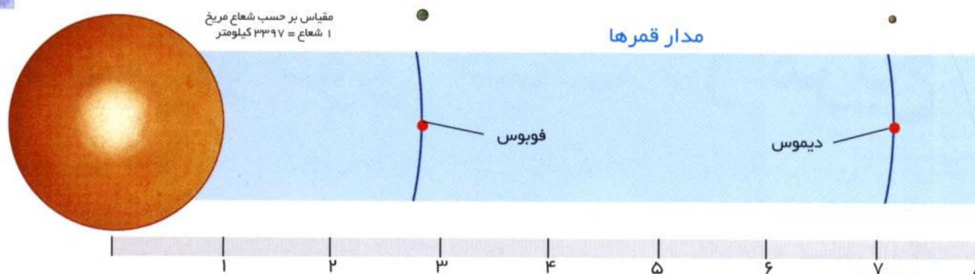
بیش‌تر سطح سیاره‌ی سرخ بیابانی، یخ‌زده و پُر از سنگ است که جابه‌جا، تپه‌های شنی و دهانه‌های برخوردی دارد. اما برخی از متنوع‌ترین و خارق‌العاده‌ترین عوارض سطحی در همه‌ی منظومه‌ی شمسی را هم دارد. در برابر آتش‌فشان‌ها و ژرف‌دره‌های عظیم مریخ، همتایان این عوارض روی زمین بسیار کوچک هستند. رنگ سرخ سیاره به سبب وجود اکسید آهن (زنگ) فراوان در خاک آن و غبار این ترکیب در جوّ سیاره است.

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴
تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰
کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶
زمین ۱۰۲، سطح مریخ ۱۴۰

قمرها و مدار آن‌ها

قمرهای مریخ، فوبوس و دیموس، نخستین بار در سال ۱۸۷۷ رصد شدند. آن‌ها از تیره‌ترین جرم‌های منظومه شمسی هستند؛ زیرا نور بسیار کمی بازمی‌تابانند. چگالی این قمرهای کوچک و ناهموار از مریخ کمتر است و هر دو پُر از دهانه‌های برخوردی‌اند. این قمرها در جهت شرق به دور مریخ می‌گردند. قطر فوبوس ۲۶ کیلومتر و قطر پهن‌ترین بخش دیموس سیب‌زمینی‌شکل، فقط ۱۶ کیلومتر است. اخترشناسان بر این باورند که این قمرها سیارک‌هایی هستند که گرانش مریخ آن‌ها را به دام انداخته است.



دیموس در ارتفاع ۲۰۰۴۰ کیلومتری از سطح مریخ در هر ۳۰/۳ ساعت به دور آن می‌گردد.

همیشه یک روی فوبوس به سمت مریخ است.

قمرهای مریخ، مانند سیارک‌ها، از سنگ‌های پُرکربن ساخته شده‌اند.

اَستیکنی، بزرگ‌ترین دهانه‌ی برخوردی بر سطح فوبوس، قطری حدود ۱۰ کیلومتر دارد.

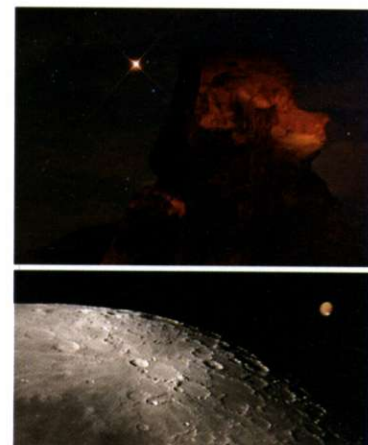
فوبوس در ارتفاع ۵۹۸۰ کیلومتری از سطح مریخ، در هر ۷/۶۶ ساعت به دور آن می‌گردد. دوره‌ی مداری فوبوس سریع‌تر از چرخش خود مریخ است، در نتیجه، فوبوس برخلاف همه‌ی اجرام آسمان مریخ، از غرب به شرق حرکت می‌کند.

جوّ

مریخ ابر، آب و هوا و بادهای شدیدی دارد. جوّ رقیق آن بیش‌تر از دی‌اکسید کربن است. گاهی ممکن است یک‌سوم جوّ در قطب‌ها یخ بزند. هر روز ذرات باد خورشیدی، که با سرعت مافوق صوت از سوی خورشید می‌وزد، کمی دیگر از جوّ مریخ را جارو می‌کند. میلیاردها سال پیش، مریخ جوّ غلیظی داشت که نگهدار گرما و پوشش سطحی آب سیاره بود. اما جرم کم سیاره، گرانش کافی برای نگه داشتن جوّ را نداشت. از سوی دیگر، با سرد شدن درون سیاره، فعالیت آتش‌فشانی نیز کم شد و گاز کمتری جای‌گزین جوّ از دست رفته گردید. با رقیق شدن جوّ، آب مایع نیز یخ زد یا در اثر تصعید، از سطح سیاره ناپدید شد.

مریخ در آسمان

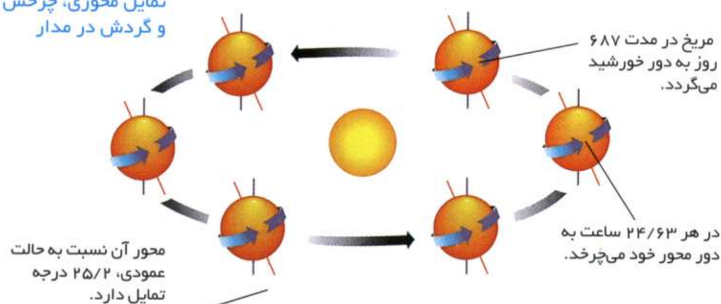
مریخ را می‌توان با چشم غیر مسلح، به‌خصوص در زمان مقابله (زمین بین خورشید و مریخ) دید. در مقابله، که هر ۲۶ ماه یک‌بار رخ می‌دهد، مریخ در نزدیک‌ترین فاصله از سیاره‌ی ماست. هر ۱۵ تا ۱۷ سال یک‌بار، مقابله‌ی مطلوب رخ می‌دهد که سیاره هم‌زمان در نزدیکی حضیض مداری و در نتیجه، نزدیک‌تر به زمین است. در این هنگام، مریخ شاید از سیاره‌ی درخشان مشتری نیز پرنورتر شود. اما در ماه‌های دور از مقابله، جرمی عادی است. مقابله بهترین زمان برای رصد مریخ با تلسکوپ است؛ اما باز هم قرص سیاره فقط ۱۵ تا ۲۵ ثانیه‌ی قوس است؛ یعنی به اندازه‌ی ظاهری یکی از دهانه‌های ماه.

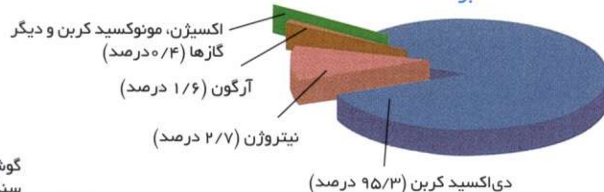


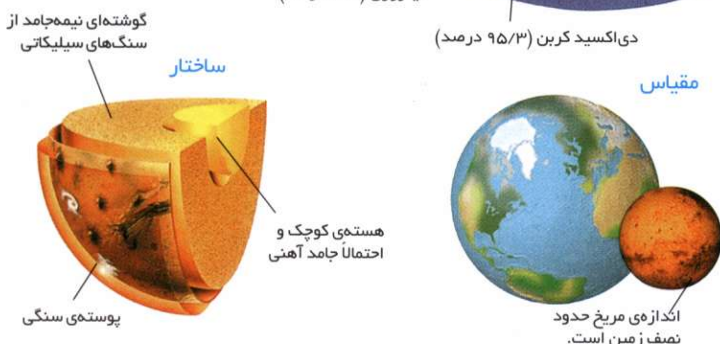
مریخ در هنگام مقابله (بالا) و در نمای تلسکوپی در مقارنه‌ی بسیار نزدیک با ماه (پایین)

مریخ در یک نگاه

مریخ سیاره‌ای سنگی با هسته‌ای آهنی است. اندازه‌ی آن نصف اندازه‌ی زمین و مدت چرخش آن به دور خودش، برابر زمین است. جوّ آن رقیق و فشار جوّ در سطح ۱ درصد روی زمین است (برابر فشار جوّی در ارتفاع ۳۰هزار متری سطح زمین).









شناسنامه	
قطر	۶۷۹۴ کیلومتر
فاصله‌ی متوسط از خورشید	۲۲۷/۹ میلیون کیلومتر
سرعت مداری به دور خورشید	۲۴/۱۳ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور خورشید)	۶۸۶/۹۸ روز
از یک طلوع تا طلوع بعدی خورشید (شبانه‌روز)	۲۴/۶۳ ساعت
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	۲۴/۶۲ ساعت
جرم (زمین = ۱)	۰/۱۱
حجم (زمین = ۱)	۰/۱۵
چگالی متوسط (آب = ۱)	۳/۹۳
گرانش سطحی (زمین = ۱)	۰/۳۸
تمایل محوری (از حالت عمود بر صفحه‌ی مداری)	۲۵/۲ درجه
انحراف مداری (از دایرةالبروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۱/۹ درجه
دمای میانگین سطحی	۶۳- درجه‌ی سانتی‌گراد
تعداد قمرها	۲

جست‌وجوی حیات در مریخ

شاید چند میلیارد سال پیش حیات ابتدایی درون آب‌راهه‌ها وجود داشته است.

آب‌راهه‌هایی شبیه این مرز میان سرزمین‌های پست شمالی و سرزمین‌های مرتفع جنوبی مریخ را قطع می‌کنند.

آب‌راهه‌های خشک شده بر سطح مریخ

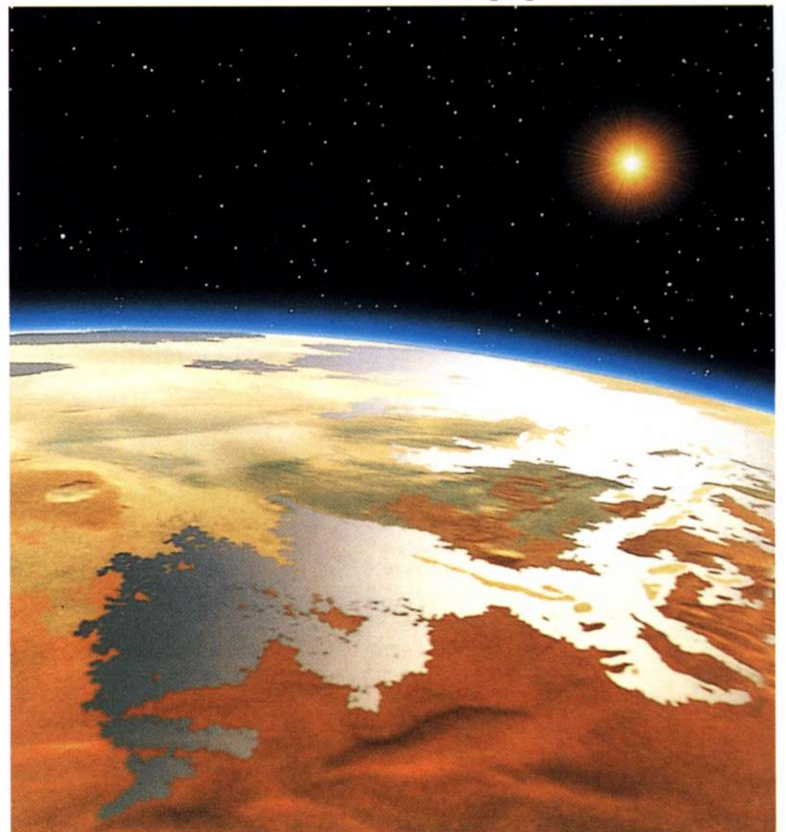
با آغاز عصر تلسکوپ، شباهت‌های بسیاری بین زمین و مریخ پیدا شد. در قرن هفدهم، جیووانی هویگنس مدت دَوَران مریخ را برابر زمین محاسبه کرد. در اواخر قرن هجدهم میلادی، ویلیام هرشل اخترشناس انگلیسی ـ آلمانی، نواحی تیره‌ای بر سطح مریخ رصد کرد. نظریه‌ی او، که این‌ها دریاهایی بر سطح مریخ هستند، این گمان را تقویت کرد که بر سطح مریخ حیات وجود دارد. هرشل کلاهک‌های سفید قطبی در مریخ را، مانند زمین، قطب‌هایی پوشیده از یخ دانست و تمایل محوری مریخ را بسیار شبیه زمین به‌دست آورد. یک قرن بعد، جیووانی شیاپارلی اخترشناس ایتالیایی، در گزارش رصدهای تلسکوپی خود اعلام کرد آب‌راهه‌هایی دیده است و آن‌ها را کانال نامید. این گزارش بسیاری را به اشتباه انداخت و تصور کردند او کانال‌هایی را رصد کرده که به‌دست موجودات هوش‌مند بر سطح مریخ کنده شده است. پرسیوال لاول آمریکایی، یکی از آن‌ها بود که در اواخر قرن نوزدهم، رصدخانه‌ی بزرگی در آریزونا ساخت تا تمدن مریخی را پیدا کند. امیدها برای یافتن حیات بر سطح سیاره‌ی سرخ در سال ۱۹۶۵، که کاوش‌گر مارینر ۴ تصاویری از سطح برهوت مریخ به زمین فرستاد، به یأس تبدیل شد. اما حیات احتمالاً زمانی وجود داشته است یا حتی شاید هنوز هم در بخش‌هایی، که کاوش نشده‌اند، به صورت باکتری یا تک‌سلولی‌های جان‌سخت وجود دارد.

شواهدی از گذشته‌ی پُرآب

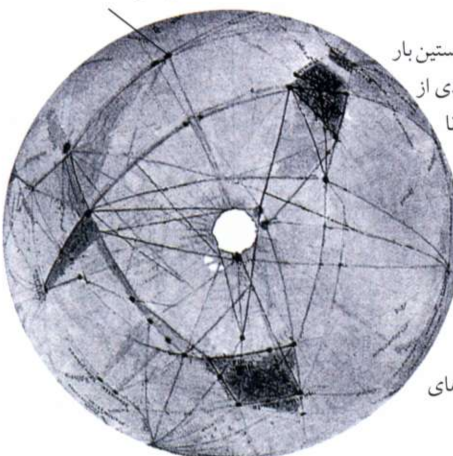
حیات، به گونه‌ای که روی زمین می‌شناسیم، به آب نیاز دارد. احتمالاً آب مایع در وضعیت یخ‌زده‌ی امروز مریخ وجود ندارد اما عوارض سطحی نشان می‌دهد که روزی آب بر سطح این سیاره جاری بوده است. کاوش‌گرها آب‌راهه‌هایی یافته‌اند که فقط آب جاری آن‌ها را حفر می‌کند. نیم‌کره‌ی شمالی سیاره بسیار پست‌تر و هموارتر از نیم‌کره‌ی جنوبی است و برخی دانشمندان، آن‌را بستر اقیانوس دیرین مریخ می‌دانند. شواهدی غیر قطعی نیز از ظهور فورانی و کوتاه‌مدت آب مایع در مریخ امروز در دست است. در تصاویر مدارگرد MGS از دیواره‌ی چند گودال مریخی، رسوب‌های سفیدی دیده می‌شود که در عکس‌های چند سال قبل همان منطقه، اثری از آن‌ها نیست.

سرچشمه‌های آب

در نخستین روزهای تولّد مریخ، آب مایع همه جا پراکنده بود. بمباران‌های شدید شهاب‌سنگی و فعالیت‌های آتش‌فشانی سیاره را، حتی در دورترین فاصله از خورشید، گرم نگه‌می‌داشت. شاید در آن هنگام، حیات در مریخ آغاز شده باشد. با پایان گرفتن بمباران شهاب‌سنگ‌ها و از دست رفتن تدریجی جوّ مریخ به سبب گرانش و فعالیت‌های آتش‌فشانی کم آن، فشار جوّی چنان کم شد که آب‌های سطحی یا یخ زدند یا به صورت بخار آب تصعید و در فضا پخش شدند. امروز، بیش‌تر آب‌ها به شکل یخ‌زده در خاک‌لایه‌ای همیشه یخ‌بسته محبوس شده‌اند. ورقه‌های یخ خالص در قطب‌های مریخ یافت می‌شوند و بقیه زیر خاک و سنگ مریخ پنهان است. احتمال می‌رود که هر وقت فعالیت آتش‌فشانی در مریخ آغاز شود، با بالا آمدن گدازه‌ها، بخشی از یخ پنهان ذوب شود و سیلاب زیرزمینی پدید آید. ممکن است این تونل آب مایع از دیواره‌ی گودال یا دره‌ای، مانند چشمه بجوشد و پیش از آن‌که کاملاً یخ بزند و تبخیر شود، مدتی کوتاه بر سطح مریخ جاری باشد.



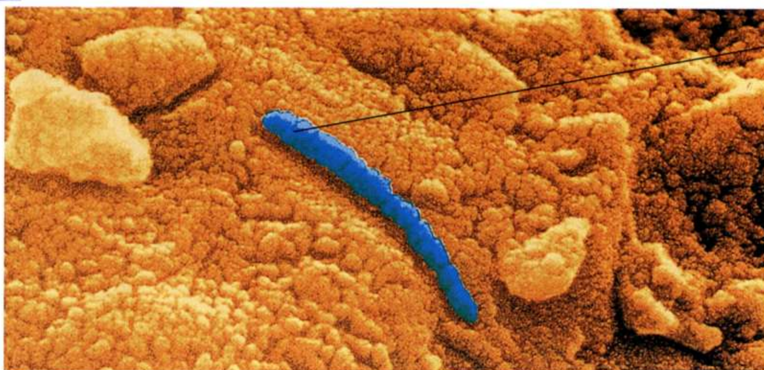
احتمالاً ۳میلیارد سال پیش آب بر سطح مریخ جاری بوده است.



در نقشه‌ی لاول، کانال‌هایی دیده می‌شود که با آب‌راهه‌های واقعاً رصد شده بر سطح مریخ هم‌خوانی ندارد.

کانال‌هایی بر سطح مریخ؟

آب‌راهه‌هایی را، که جیووانی شیاپارلی نخستین بار دید، پرسیوال لاوِل در دهه‌ی ۱۸۹۰ میلادی از رصدخانه‌ی خود در فلگ استف آریزونا (ایالات متحده) روی نقشه آورد. لاوِل بر این باور بود که آن‌ها کانال‌هایی دست‌ساخته‌ی موجوداتی هوش‌مندند که آب را از قطب‌ها به نواحی استوایی و بایر مریخ منتقل می‌کنند و در آبادی‌ها متمرکز می‌شوند! بعدها مشخص شد که هم آب‌راهه‌های شیاپارلی و هم کانال‌های لاول خطای دید بودند.



در شهاب‌سنگ مریخی ALH۸۴۰۰۱ (که تصویر آن زیر میکروسکوپ الکترونی ۱۰۰ هزار بار بزرگ شده)، ساختارهای لوله‌مانندی دیده می‌شود که شاید ریزسنگواره‌های موجودات باکتری‌مانند باشند.

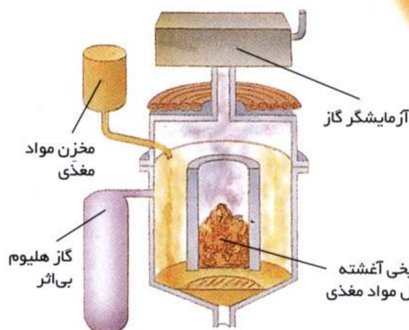
بستر خشک رودخانه‌ی مانگالاوالیس که مدارگرد وایکینگ از آن عکس‌برداری کرد.

این آب‌راهه زمانی شکل گرفت که حجم عظیمی از آب‌های زیرزمینی بر سطح مریخ رها شد.

بررسی شهاب‌سنگ‌ها

جالب‌ترین مدرک حیات روی مریخ، که مخالفان بسیاری هم دارد، درون‌شهاب‌سنگی باستانی از مریخ به نام ALH۸۴۰۰۱ است که حدود ۱۳هزار سال پیش در قطب جنوب سقوط کرد. این سنگ میلیون‌ها سال پیش بر اثر برخوردی فضایی از مریخ کنده شد و در فضا سرگردان شد. درون این سنگ مواد شیمیایی آلی، که شاهدی از حیات است، و ساختارهایی کشف شد که ممکن است موجودات زنده‌ی تک‌سلولی (باکتری‌ها) آن‌ها را ساخته باشند.

یکی از آزمایش‌های وایکینگ در خاک مریخ به دنبال گازهایی می‌گشت که موجودات زنده تولید می‌کنند. نمونه‌ای از خاک را با مواد مغذی تغذیه کردند؛ اما گازهای رها شده در پی واکنش با خاک مریخ، وجود حیات در نمونه‌ی خاک را ثابت نکرد.



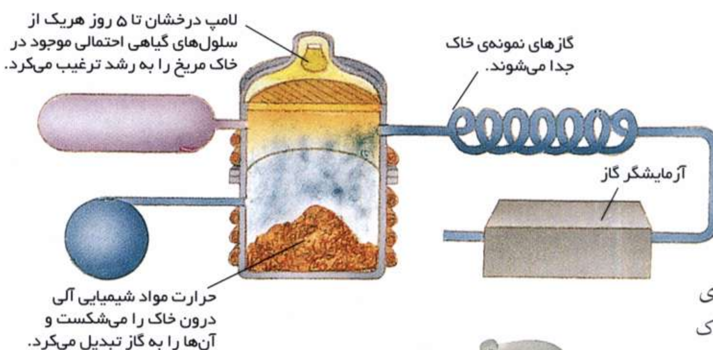
لحظات مهم در تاریخ مریخ

- در مقابله‌ی سال ۱۸۷۷ مریخ، آسف هال اخترشناس آمریکایی، دو قمر بسیار کوچک این سیاره را کشف کرد.
- در دورانی که وجود کانال‌های مریخ مطرح بود، کتاب جنگ دنیاها، نوشته‌ی هربرت جورج ولز، در سال ۱۸۹۸ منتشر شد. این داستان سبب گمانه‌زنی‌های شدیدی درباره‌ی احتمال وجود هوش‌مندانی در مریخ گردید.
- در سال ۱۹۶۵، کاوش‌گر مارینر ۴ تعداد ۲۲ عکس از مناظر خالی از سکنه‌ی مریخ به زمین ارسال کرد. دانشمندان به این باور رسیدند که سطح مریخ، مانند ماه، مرده است.
- مأموریت مارینر ۹ در سال‌های ۱۹۷۱ و ۱۹۷۲ نماهایی از دره‌ی عظیم مارینر و ساختارهای عظیم آتش‌فشانی این سیاره را آشکار کرد.
- در سال ۱۹۷۶، دو مریخ‌نشین وایکینگ نخستین کاوش‌گرهایی بودند که با موفقیت بر سطح این سیاره فرود آمدند.
- با آغاز نسل جدید مأموریت‌های مریخ‌شناسی در سال ۱۹۹۷، مدارگردها و مریخ‌نشین‌ها یکی پس از دیگری نشان دادند که این سیاره آن قدرها هم مرده و کم‌جاذبه نیست. فعالیت‌های آتش‌فشانی درگذشته‌ی نزدیک، توفان‌های غبار، منابع عظیم یخ پنهان در زیر سطح، چشمه‌ها و آب‌راهه‌های خشک شده اما نسبتاً جدید، نشان‌دهنده‌ی سیاره‌ای پویا و بسیار شگفت است.

بیش‌تر بدانیم

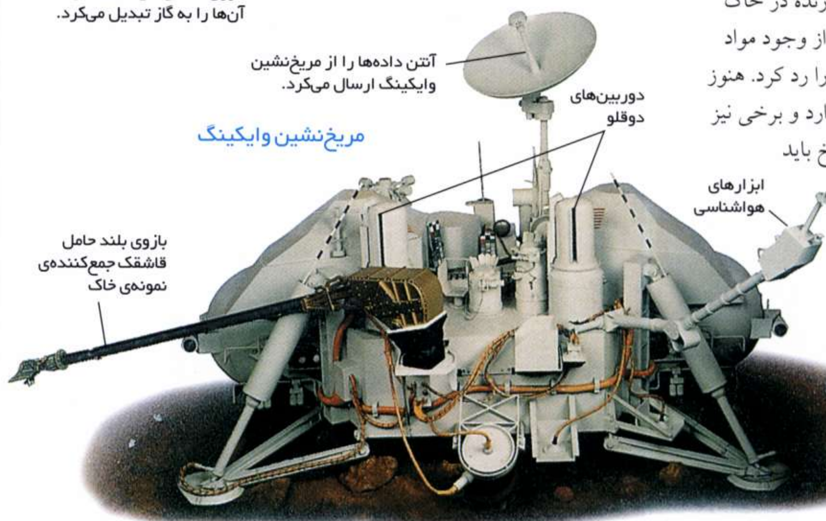
تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰
شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸

وایکینگ‌ها به کمک آزمایش دیگری، به دنبال سلول‌های گیاه‌مانند در خاک بودند. لامپ درخشانی سلول‌های احتمالی را به رشد ترغیب کرد. خاک حرارت دید و گازهای حاصل، که امکان داشت از سلول‌های گرم شده آزاد شده باشند، آزمایش شدند. اما هیچ نشانه‌ی قطعی از حیات در این آزمایش یافت نشد.



آزمایش‌های مریخ‌نشین وایکینگ

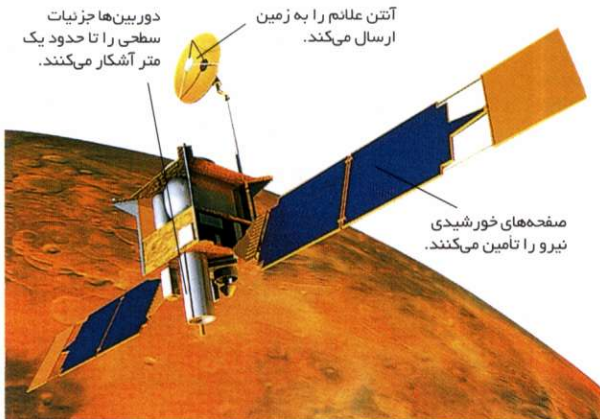
در سال ۱۹۷۶، دو فضاپیمای وایکینگ به مریخ رسیدند. هریک از این مدارگردها، مریخ‌نشینی رها کردند که با چتر نجات بر سطح مریخ فرود آمد. آن‌ها حامل آزمایش‌های پیچیده‌ای برای ردیابی نشانه‌هایی از موجودات زنده در خاک مریخ بودند. در ابتدا، به نظر می‌رسید که نشانی از وجود مواد آلی یافت شده است. اما آزمایش‌های بعدی آن را رد کرد. هنوز هم در نتایج منفی این آزمایش‌ها تردید وجود دارد و برخی نیز بر این باورند که حیات تک‌سلولی احتمالی مریخ باید در زیر سطح باشد؛ در جایی که از تیررس پرتوهای مرگ‌بار کیهانی در امان بماند و بتواند از منابع آب و یخ استفاده کند. متأسفانه کاوش‌گر انگلیسی بیگل ـ ۲، که قرار بود این آزمایش‌ها را با دقت بیش‌تری انجام دهد، در سال ۲۰۰۳ به هنگام فرود از دست رفت. مریخ‌نشین ققنوس در سال ۲۰۰۸ اندکی در این راه پیش رفت و شاید مأموریت‌های آینده در سال‌های آتی پرده از این راز بردارند.



مریخ‌نشین وایکینگ

کاوش در مریخ

از سال ۱۹۹۷ تا به حال، کاروانی از فضاپیماهای روبوتی به مریخ رسیده‌اند. تعداد بیش‌تری منتظر موعد پرتاب و شماری نیز در حال طراحی و ساخت هستند. این کاوش‌گرها، مانند کارآگاهانی مصمّم، به دنبال پاسخ رازهایی می‌گردند که فضاپیماهای کاوش‌گر مریخ در دهه‌ی ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ با آن برخورد کردند. آیا مریخ زمانی گرم و مرطوب بوده است؟ چه بر سر آب‌ها آمده است؟ جوّ مریخ چگونه تحول یافته است؟ سطح مریخ چگونه با جوّ آن برهم‌کنش داشته است؟ هدف فضاپیماهایی که به کاوش مریخ می‌پردازند این است که دریابد تحولات زمین‌شناختی و آب و هوایی این سیاره در طول تاریخ چگونه بوده و آیا حیات ابتدایی در گذشته‌ی آن‌جا وجود داشته است یا خیر؟ آن‌ها راه را برای کاوش‌های انسان و حتی سکونت جمعیت‌های انسانی در سیاره‌ی سرخ هموار می‌کنند.




تصویر MGS از آبراهه‌های خشک در دیواره دهانه‌ای در مریخ

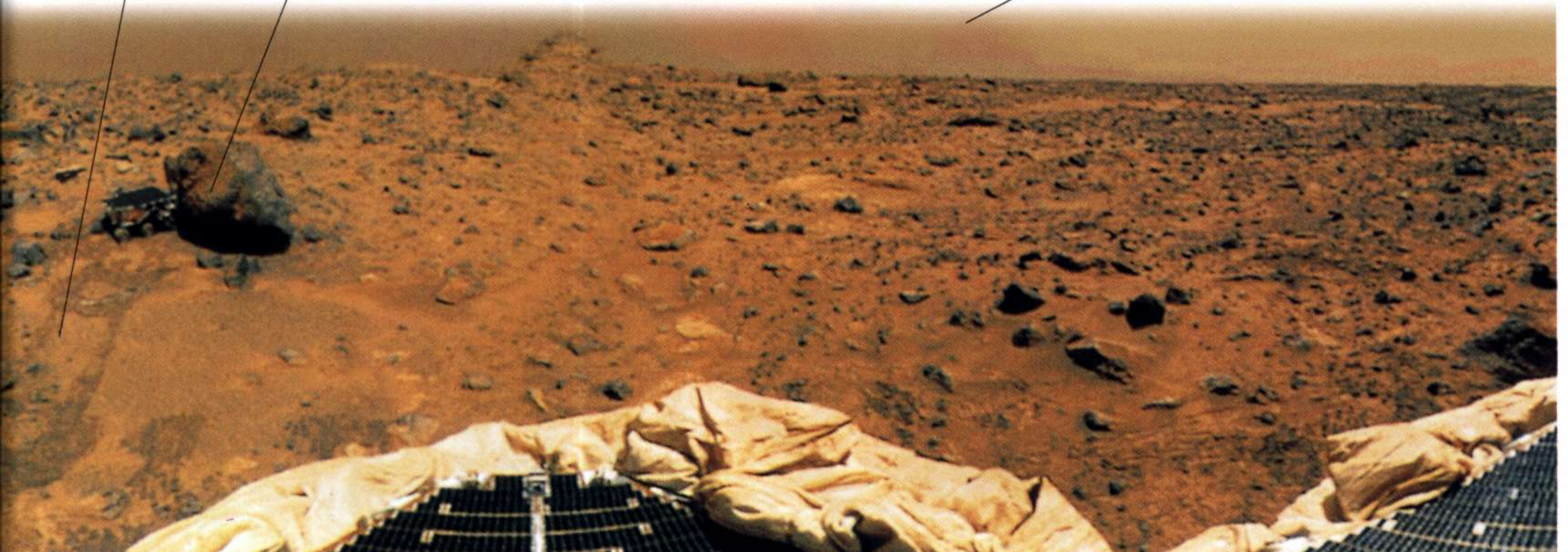
نقشه‌بردار سراسری

فضاپیمای نقشه‌بردار سراسر مریخ (MGS) در سپتامبر سال ۱۹۹۷ به مریخ رسید. سپس ۱۸ ماه طول کشید تا به آهستگی مدار خود را به ارتفاع ۳۵۰ کیلومتری بر فراز سطح سیاره برساند. این فضاپیما حامل دوربین‌ها و طیف‌سنج‌هایی بود که برای نقشه‌برداری از جزئیات سطح مریخ و بررسی الگوهای آب و هوایی و ترکیبات شیمیایی آن طراحی شده بود. اما اواخر سال ۲۰۰۶، ارتباط این فضاپیما با زمین قطع شد.

کاوش سطح

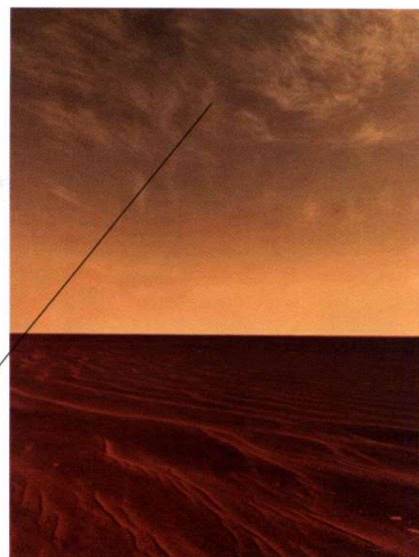
فضاپیمای سبک‌وزن ره‌یاب (پت فایندر) ناسا در ژوییه‌ی سال ۱۹۹۷ (تیر ۱۳۷۶)، پس از سفری ۷ ماهه از زمین، بر سطح مریخ فرود آمد و سه ماه به فعالیت پرداخت. مکان فرود آن، دره‌ی آرِس والیس، دشتی سیلابی در نیم‌کره‌ی شمالی مریخ بود. دانشمندان این دره‌ی پهن را به این سبب انتخاب کردند که بر این باور بودند می‌توان در آن‌جا انواع گوناگونی از سنگ و خاک و نشانه‌های وجود آب یافت. ره‌یاب به ابزارهایی، از جمله یک دوربین طیف‌سنج پیش‌رفته، مجهز بود. این وسیله، حامل خودرو ۶ چرخه‌ی سوجرنِر بود که اطراف را کاوش می‌کرد. این نخستین مریخ‌نورد تاریخ کاوش‌های فضایی بود که فقط تا چند متری محل فرود گشت زد.







کار در بیوسفر ۲



جوّ مریخ رقیق‌تر از آن است که حافظ حیات باشد. گاهی ابرهای مه‌آلود یخ‌آب دیده می‌شود. این تصویر را مریخ‌نورد آپورتونیتی از سطح این سیاره گرفته است.

دشمن حیات

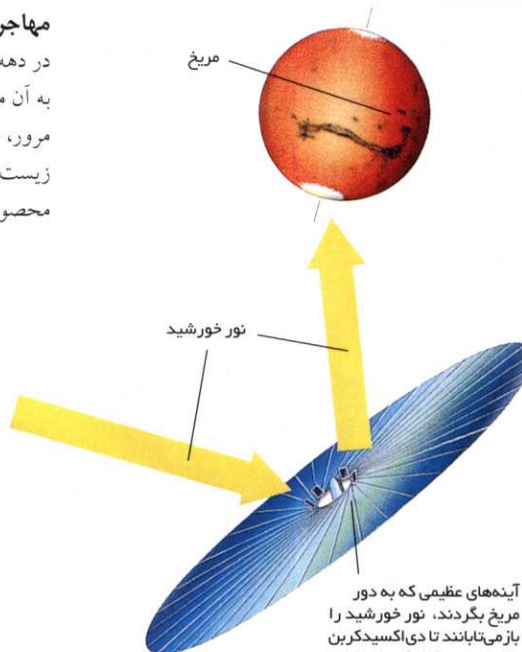
روی مریخ، آب مایع یافت نمی‌شود؛ زیرا بیش‌تر اوقات آن‌جا بسیار سرد است. در این سیاره، اکسیژن قابل تنفس هم نیست و گاه بادهای شدیدی، که حامل ذرات ریز غبارند، سطح این سیاره را جارو می‌کنند. در لایه‌ی بالایی جوّ آن اُزون وجود ندارد تا حیات را از تابش آسیب‌زای فرابنفش حفظ کند.

مهاجرنشینانی روی مریخ

در دهه‌های آینده، نخستین مهاجرنشینان مریخ احتمالاً روبوت‌هایی خواهند بود که برای تولید جوّ به آن می‌روند. آن‌ها از خاک مریخ، به تولید گازهای سنگین و پایدار دودمانندی می‌پردازند که به مرور، جوّ آن‌را غلیظ کند و اثر گرم‌کننده‌ی گل‌خانه‌ای را افزایش دهد. برای زندگی در وضعیت زیست‌ناپذیر ماه یا مریخ، آزمایش‌هایی روی زمین انجام شده است. زندگی درون محوطه‌های محصور خودکفا و ضدّ هوا و ضدّ آب در طرح بیوسفر ۲ در توسان آریزونا آزمایش شده است.

مسافران مریخ

نام	سال رسیدن	کشور	نوع کاوش‌گر
مارینر ۴	۱۹۶۵	ایالات متحده	گذرنده
مارس ۳	۱۹۷۱	روسیه	مدارگرد و مریخ‌نشین
وایکینگ ۱	۱۹۷۶	ایالات متحده	مدارگرد و مریخ‌نشین
وایکینگ ۲	۱۹۷۶	ایالات متحده	مدارگرد و مریخ‌نشین
نقشه‌بردار سراسر مریخ	۱۹۹۷	ایالات متحده	مدارگرد
ره‌یاب مریخ	۱۹۹۷	ایالات متحده	مریخ‌نشین و مریخ‌نورد
اُدیسه‌ی مریخ	۲۰۰۱	ایالات متحده	مدارگرد
مارس اکسپرس	۲۰۰۳	اروپا	مدارگرد
مریخ‌نوردهای دوقلو	۲۰۰۴	ایالات متحده	مریخ‌نورد
مدارگرد شناسایی مریخ	۲۰۰۶	ایالات متحده	مدارگرد
فونیکس (ققنوس)	۲۰۰۸	ایالات متحده	مریخ‌نشین



آینه‌های عظیمی که به دور مریخ بگردند، نور خورشید را بازمی‌تابانند تا دی‌اکسیدکربن یخ‌زده را در کلاهک یخی قطب جنوب تبخیر کنند.

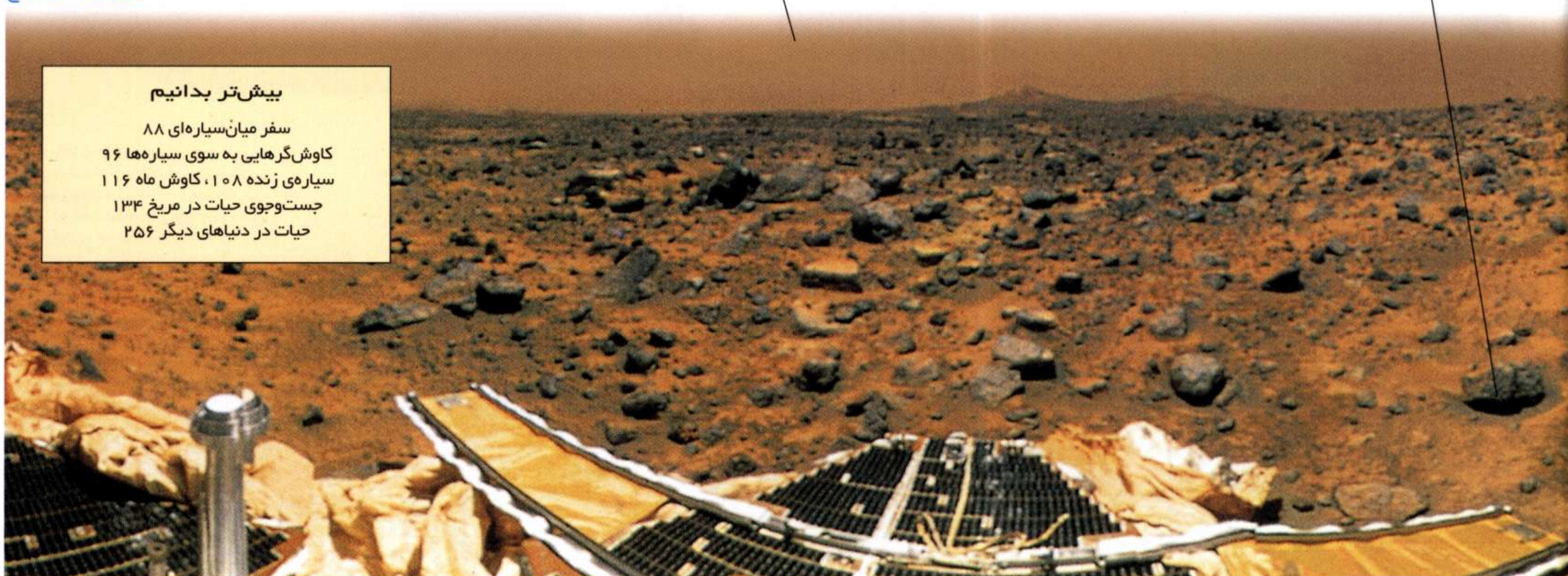
مسکونی‌سازی مریخ

به باور دانشمندان، می‌توان محیط مریخ را تغییر داد تا سیاره‌ای سکونت‌پذیر شود. گام ابتدایی و مهم در مسکونی‌سازی مریخ، گرم کردن آن با ایجاد اثر گل‌خانه‌ای است. برای این کار باید گاز گل‌خانه‌ای دی‌اکسیدکربن را، که در سنگ‌ها و کلاهک‌های یخی قطبی سیاره محبوس است، از حالت انجماد خارج کرد. قرن‌ها خواهد گذشت تا دما و فشار به نقطه‌ای برسد که گیاهان بتوانند بر سطح این سیاره دوام آورند و با رشد آن‌ها، به مرور، اکسیژن بیش‌تری از فتوسنتز دی‌اکسیدکربن به‌وجود آید.

نمای ره‌یاب از مریخ

این تصویر پانوراما از کنار هم چیدن چند تصویر تکی ارسالی ره‌یاب ساخته شده است. به چنین تصاویری اصطلاحاً موزاییک می‌گویند.

پراکندگی سنگ‌ها بر سطح مریخ نشان می‌دهد که زمانی حجم عظیمی از آب بر سطح این سیاره جریان داشته است.



بیش‌تر بدانیم

سفر میان‌سیاره‌ای ۸۸
کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶
سیاره‌ی زنده ۱۰۸، کاوش ماه ۱۱۶
جست‌وجوی حیات در مریخ ۱۳۴
حیات در دنیاهای دیگر ۲۵۶

روبوت‌ها، مقدمه‌ی سفر انسان به مریخ

بیش از نیمی از مأموریت‌های مریخ، از جمله چند کاوش‌گر ناسا، اروپا و ژاپن در دهه‌ی ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰، شکست خورده‌اند؛ اما در سال‌های اخیر، موفقیت‌های بسیاری به‌دست آمده است. مدارگرد اُدیسه‌ی مریخ، که در سال ۲۰۰۱ به مریخ رسید، به طیف‌سنج‌های گوناگون و دوربین تصویربرداری گرمایی مجهز است. این فضاپیما برخی داده‌های کاوش‌گرهای سطح مریخ را به زمین مخابره می‌کند. در اواخر سال ۲۰۰۳، مدارگرد اروپایی مارس اکسپرس (سریع‌السیر مریخ) در مدار قرار گرفت. این فضاپیما به دوربین تصویربرداری سه بعدی و راداری مجهز است که منابع یخ‌آب را زیر سطح مریخ آشکار می‌کند. در سال ۲۰۰۶، مدارگرد شناسایی مریخ (MRO) با هدف بررسی اقلیم و شناسایی زمین‌شناختی مریخ، جست‌وجوی منابع آب و تهیه‌ی تصاویر دقیق از سطح سیاره در مدار مریخ قرار گرفت. دوربین اصلی این فضاپیما جزئیاتی کمتر از نیم متر را بر سطح مریخ تفکیک می‌کند که به دانشمندان در شناسایی مکان‌های فرود کاوش‌گرهای آینده یاری می‌رساند.



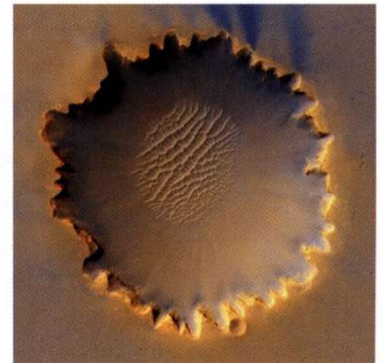
مریخ‌نوردهای دوقلو

در زمستان سال ۲۰۰۴، جفت مریخ‌نوردهای دوقلوی ناسا در دو منطقه‌ی استوایی در دو سوی مخالف مریخ فرودآمدند. آن‌ها مانند کاوش‌گر رهیاب، در مرحله‌ی پایانی فرود، با کیسه‌های هوا محافظت شدند. مریخ‌نورد اسپریت (روح) که سه هفته زودتر رسید، در بستر سنگلاخ دهانه‌ی برخوردی عظیم گوسف قطر ۱۶۰ کیلومتر فرود آمد که احتمال می‌رود در گذشته‌ی بسیار دور دریاچه‌ای پُرآب بوده است. مریخ‌نورد آپورتونیتی (فرصت) در بیابان هموار و شن‌زاری به نام فلات نصف‌النهار (مریدیانی) پایین آمد. اما کاوش‌گر، که درون کیسه‌های هوا مثل توپی بر سطح مریخ بالا و پایین می‌رفت، درست درون یک گودال برخوردی کوچک ثابت شد. آپورتونیتی پس از خروج از گودال، کیلومترها در دشت طی کرد و از چند دهانه‌ی دیگر، از جمله دهانه‌ی ۷۵۰ متری ویکتوریا، بازدید کرد تا نشانه‌هایی از گذشته‌ی مریخ را در لایه‌های ژرف این دهانه‌ها بیابد.

اسپریت نیز چند کیلومتر طی کرد و در افق آشیانه‌ی فرود، به تپه‌های کلمبیا رسید و از بالای آن‌ها منظره‌ی بستر دهانه‌ی گوسف، لایه‌های گوناگون ارتفاعات دیواره‌ی دهانه را زیر نظر گرفت. هر دو مریخ‌نورد در مسیر خود نشانه‌های قطعی وجود آب را در گذشته‌ی منطقه‌ی کاوش خود یافتند. آن‌ها از مریخ‌نورد سوجرنر، ۴ بار بزرگ‌ترند و به طول و ارتفاع حدود ۲ متر (با در نظر گرفتن دکل عکس‌برداری)، به وزن ۱۸۵ کیلوگرم می‌رسند. کار اصلی این مریخ‌نوردها، زمین‌شناسی مریخ است. آن‌ها به ۹ دوربین عکس‌برداری و ابزارهای طیف‌سنج، بازوی روبوتی و مته و میکروسکوپی بر سر آن برای برش و بررسی سطح سنگ‌ها مجهزند. چند دوربین وظیفه‌ی شناسایی موانع برای دستگاه هدایت خودکار مریخ‌نورد را به‌عهده دارند. در مقایسه با سوجرنر، که فقط چند متر از محل فرود فاصله گرفت، این مریخ‌نوردها کیلومترها دور شدند و رکورد بیش از صد متر جابه‌جایی در یک روز را به‌دست آوردند.



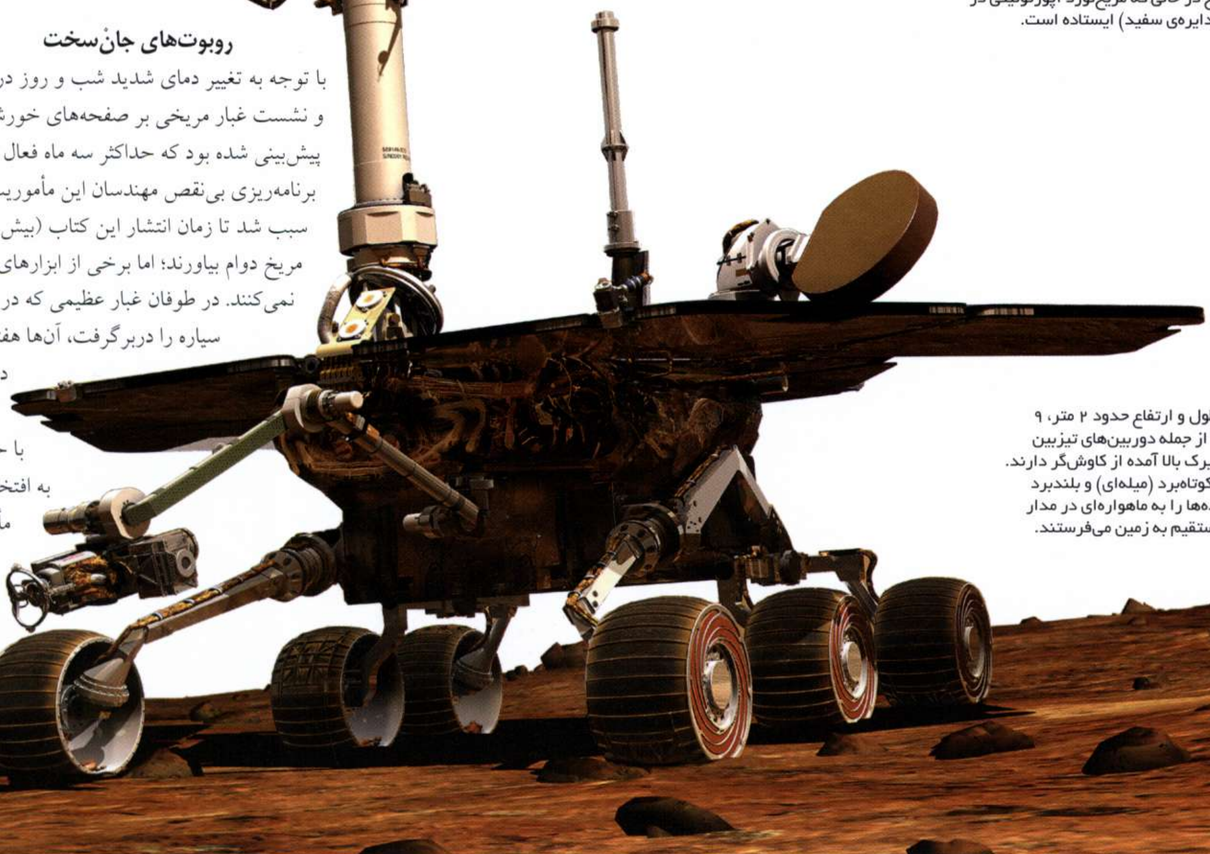
مریخ‌نورد اسپریت از پرتره‌ی سایه‌ی خود بر فراز دهانه‌ای برخوردی عکس گرفته است. دهانه‌ی برخوردی ویکتوریا، که در تصویر مدارگرد MRO از بالا دیده می‌شود، از دید دوربین مریخ‌نورد آپورتونیتی در لبه‌ی آن عکس‌برداری شده است.



تصویر مدارگرد تیزبین MRO از دهانه‌ی ۷۰۰ متری ویکتوریا در مریخ در حالی که مریخ‌نورد آپورتونیتی در لبه‌ی آن (داخل دایره‌ی سفید) ایستاده است.

روبوت‌های جان‌سخت

با توجه به تغییر دمای شدید شب و روز در مریخ (تا حدود صد درجه) و نشست غبار مریخی بر صفحه‌های خورشیدی انرژی‌زای مریخ‌نوردها، پیش‌بینی شده بود که حداکثر سه ماه فعال بمانند. اما طراحی دقیق و برنامه‌ریزی بی‌نقص مهندسان این مأموریت در رویارویی با مشکلات، سبب شد تا زمان انتشار این کتاب (بیش از ۶ سال) در وضعیت مرگ‌بار مریخ دوام بیاورند؛ اما برخی از ابزارهای آن‌ها دیگر به خوبی عمل نمی‌کنند. در طوفان غبار عظیمی که در تابستان ۲۰۰۷ تقریباً سراسر سیاره را دربرگرفت، آن‌ها هفته‌ها بی‌حرکت نگه‌داشته شدند تا در وضعیتی که غبار ۹۹درصد از نور خورشید را سد کرده بود، با حداقل انرژی دریافتی زنده بمانند. به افتخار دست‌آوردهای بسیار این مأموریت، دو سیارک به نام این دو مریخ‌نورد نام‌گذاری شدند.



مریخ‌نوردها به طول و ارتفاع حدود ۲ متر، ۹ دوربین متفاوت، از جمله دوربین‌های تیزبین استریو در سر تیرک بالا آمده از کاوش‌گر دارند. آن‌ها با دو آنتن کوتاه‌برد (میله‌ای) و بلندبرد (دایره‌مانند) داده‌ها را به ماهواره‌ای در مدار مریخ یا به‌طور مستقیم به زمین می‌فرستند.

فیروز نادری



دکتر فیروز نادری مدیر برنامه‌ریزی علمی و راهبردی پروژه‌های فضایی در آزمایشگاه جت پروپالشن (پیش‌ران جت) ناسا، مرکز پیش‌رو در مأموریت‌های روبوتی کاوش منظومه‌ی شمسی و شناخت کیهان است. او در سال ۱۳۲۵ در شیراز به‌دنیا آمده و دوره‌ی دانشجویی و کاری خود را در ایالات متحده گذرانده است. تخصص او الکترونیک و مهندسی سیستم و یکی از موفق‌ترین مدیران ناسا در پیش‌برد مأموریت‌های فضایی و یکی از شناخته‌شده‌ترین شخصیت‌های ایرانی در جامعه‌ی جهانی علم است. او دانشمند اخترشناسی یا علوم سیاره‌ای یا پژوهش‌گر فن‌آوری فضایی نیست؛ بلکه مدیری علمی است که با شناخت بخش‌های متفاوت یک پروژه‌ی علمی، ارتباط درستی میان آن‌ها برقرار می‌کند. دکتر نادری در سال‌های قبل، مدیر طرح «منشأ» ناسا برای شناخت منشأ حیات و منظومه‌ی شمسی و مدیر طرح بزرگ کاوش مریخ در موفق‌ترین دوره‌ی خود، از جمله زمان طراحی، پرتاب، فرود و آغاز کار مریخ‌نوردهای ناسا بود. متخصصان فن‌آوری فضایی مأموریت این جفت روبوت مریخ‌نورد را معجزه‌ای در تاریخ کاوش‌های فضایی می‌دانند؛ زیرا طراحی و اجرای دقیق و خلاقیت و دانش گروه سازندگان و هدایت‌کنندگان این روبوت‌ها سبب شده چندین سال بر سطح مریخ با سخت‌ترین وضعیت اقلیمی و عوامل تخریب‌کننده‌ی دستگاه‌های الکترونیک، دوام بیاورند. فیروز نادری به پاس خدمات مهمی که در مقام یک مدیر به جامعه‌ی علمی کرده، نشان‌ها و جوایز بین‌المللی متعددی دریافت کرده است. در جمع همکاران تأثیرگذار در کاوش‌های مریخ، به‌خصوص مأموریت مریخ‌نوردها، ایرانیان دیگری نیز در بخش‌های مهندسی نقش داشته‌اند. زنده‌یاد دکتر همایون سراجی (۲۰۰۷ ـ ۱۹۴۷) متخصص سرشناس روبوتیک در جهان، که حدود ۱۰ سال نیز استاد دانشگاه صنعتی شریف تهران بود، در طراحی دستگاه هدایت هوش‌مند مریخ‌نوردها و توانایی آن‌ها در مسیریابی خودکار نقشی اساسی داشت.

سفر انسان

هنوز موانع بسیاری مانع سفر انسان به مریخ است. با آن‌که فن‌آوری فضایی چنین سفری فراهم آمده است، مشکلات حل‌نشده‌ای وجود دارد. هزینه‌ی سرسام‌آور ده‌ها میلیارد دلاری این سفر را می‌توان برای ارسال ده‌ها کاوش‌گر روبوتی صرف کرد، بی‌آن‌که نگران اکسیژن برای تنفس، آذوقه و حفظ سلامت فضانوردان بود. تمام سفرهای بدون سرنشین انجام شده به مریخ یک‌طرفه بوده است. با فن‌آوری کنونی، سفر رفت و برگشت انسان به مریخ حدود ۳ سال طول می‌کشد؛ چند ماه برای رفت، حدود دو سال انتظار در مریخ یا مدار آن برای دوباره رسیدن زمین و مریخ به موقعیت مداری مطلوب تا کوتاه‌ترین مسیر پیموده شود و چند ماه نیز برای برگشت. تاکنون طولانی‌ترین اقامت انسان در فضا حدود یک سال بوده است و هنوز نمی‌دانیم چگونه در مدت طولانی سفر به مریخ، فضانوردان از آسیب پرتوهای فضایی و گرانش کم در امان خواهند ماند. آن‌ها باید بخشی از اکسیژن و آب مورد نیاز در سفر رفت و برگشت خود را از منابع یخ‌آب و خاک و یخ تهیه کنند و این‌ها همه باید پیش از سفر به خوبی شناخته و آزمایش شود. به همین سبب، کاروانی از کاوش‌گرها تا آن زمان مریخ را به دنبال رمزگشایی ناشناخته‌های آن در می‌نوردند. پیش‌بینی می‌شود تا پیش از سفر به مریخ، که کاوش‌گرهایی سفر رفت و برگشت به مریخ را آزمایش کنند، انسان بار دیگر به ماه برود و احتمالاً پس از دهه‌ی ۲۰۳۰ میلادی مریخ را فتح کند.





گردبادهای کوچک غبار معروف به تنوره‌ی دیو در افق دید مریخ‌نورد اسپریت. یکی از آن‌ها نیز درست از روی مریخ‌نورد گذشت و گرد و غبار نشسته بر صفحه‌های خورشیدی آن را روبید و برد.

خورشید در مریخ

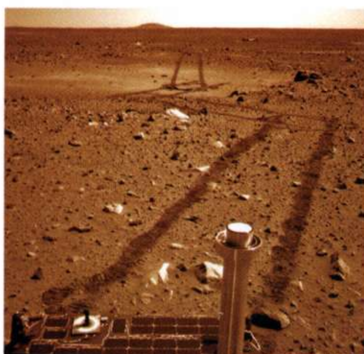
در مریخ غروب و طلوع خورشید، آن‌طور که در این تصویر واقعی ترکیب شده و با طرحی ضدّ نور از مریخ‌نورد دیده می‌شود، آبی رنگ است. آسمان مریخ قهوه‌ای تیره است؛ اما در نزدیکی خورشید سفیدرنگ، هاله‌ای آبی دیده می‌شود که هرچه خورشید به افق نزدیک‌تر باشد، پررنگ‌تر است. رنگ آسمان هر سیاره به نوع و اندازه‌ی ملکول‌های جوّی آن بستگی دارد.

بیش‌تر بدانیم

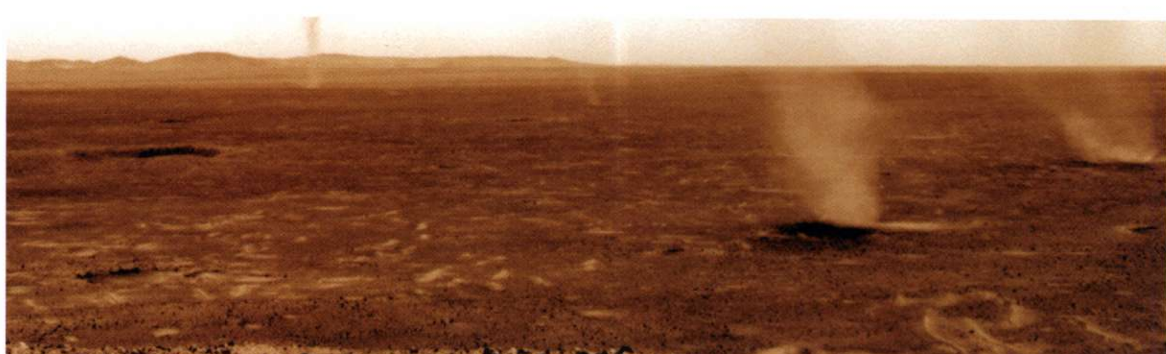
منظومه‌ی شمسی ۹۴

کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶

مریخ (بهرام) ۱۳۲



مریخ‌نورد اسپریت در دشت سنگلاخ محل فرود خود به سوی تپه‌هایی در افق پیش می‌رود.

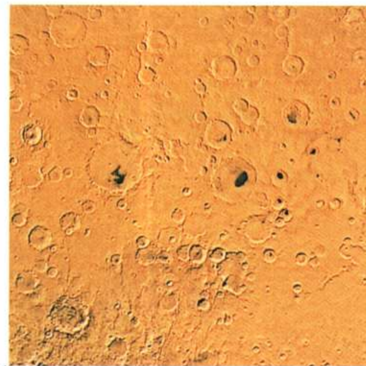


سطح مریخ

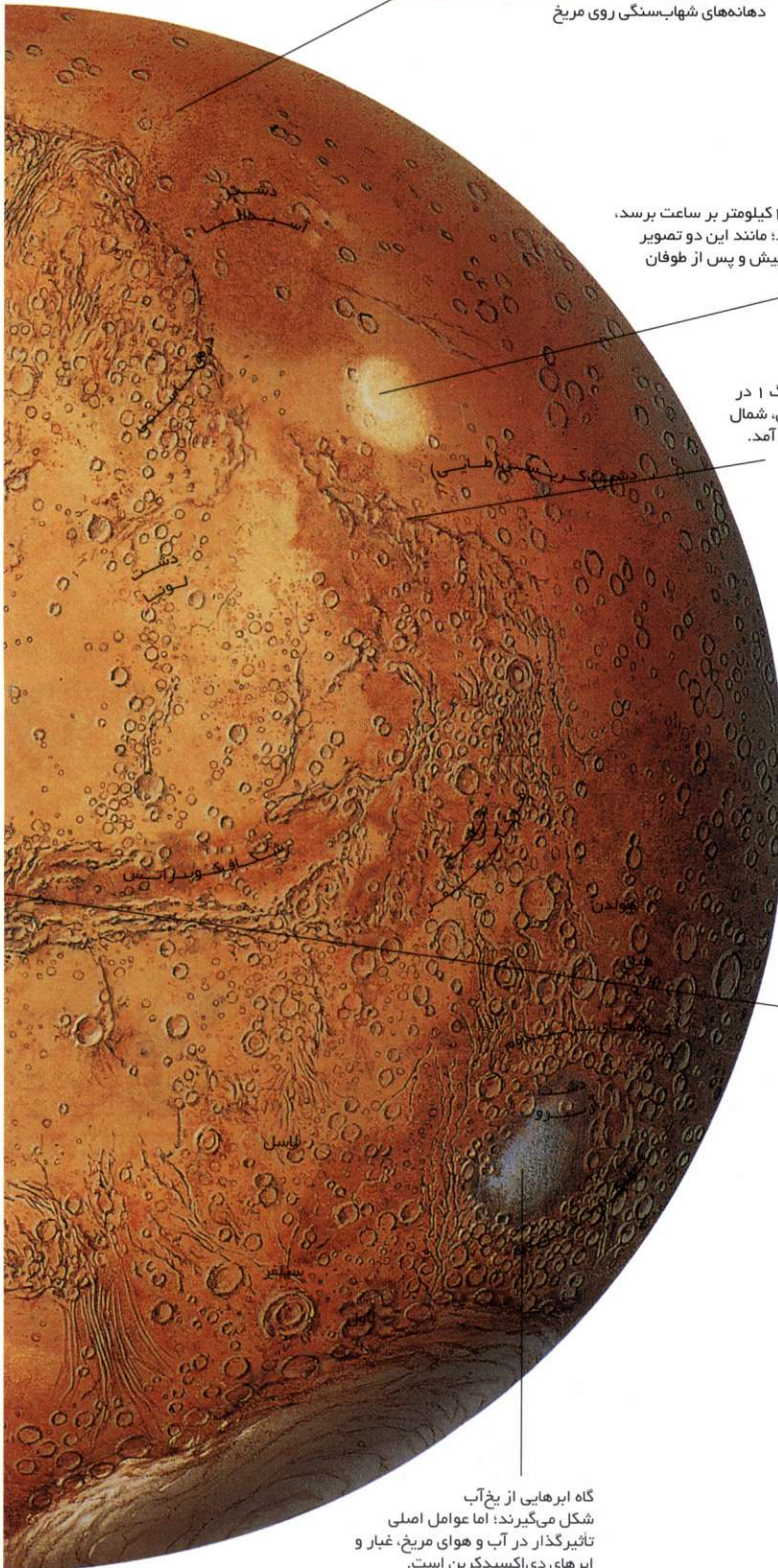
سطح مریخ جایگاه افراط در پدیده‌های زمین‌شناختی است که به سبب فعالیت آتش‌فشانی، بمباران‌های شهاب‌سنگی، سیل و باد به وجود آمده‌اند. روی این سطح، هیچ‌گونه پوشش گیاهی و آبی پیدا نمی‌شود. برخلاف پوسته‌ی زمین، که از صفحه‌های متحرک شکل گرفته، ظاهراً سطح مریخ یک تکه است. نبود حرکت در پوسته، دلیل شکل بسیاری از عوارض سطحی سیاره از جمله قله‌های بلند آتش‌فشانی و دشت‌های پهناور سیلاب‌های آتش‌فشانی است. این‌ها در ابعاد وسیعی ساخته می‌شوند؛ زیرا سنگ مذاب میلیون‌ها سال فقط از یک روزنه بیرون می‌زند و روی سطح تلنبار می‌شود. در حالی که در سیاره‌ای با پوسته‌ی تکه‌تکه، با حرکت صفحه‌ای، محل خروج گدازه در جایی بسته و در جای دیگر باز می‌شود.

دهانه‌های برخوردی

بیش‌تر دهانه‌های مریخ را بمباران شدید شهاب‌سنگی در ۳/۸میلیارد سال پیش به‌وجود آورده است. بر اساس یکی از نظریه‌ها، برخوردی فوق‌العاده بزرگ، موجب تفاوت میان سرزمین‌های مرتفع جنوبی و سرزمین‌های کم‌ارتفاع شمالی شده است.



دهانه‌های شهاب‌سنگی روی مریخ



توفان مریخی، که امکان دارد در آن سرعت باد به ۳۰۰ کیلومتر بر ساعت برسد، غباری برپا می‌کند که گاه تمام سطح سیاره را می‌پوشاند؛ مانند این دو تصویر تلسکوپ فضایی هابل از مریخ که به فاصله‌ی چند ماه پیش و پس از توفان عظیم غبار در سال ۲۰۰۱ گرفته شده است.



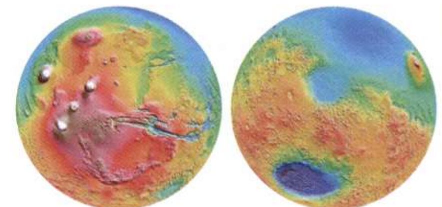
مریخ‌نشین وایکینگ ۱ در دشت بزرگ چریس، شمال دره‌ی مارینر، فرود آمد.

مارینر، بزرگ‌ترین دره‌ی شناخته‌شده در منظومه‌ی شمسی به طول بیش از دوسوم قطر مریخ و عمق حداکثر ۱۵ کیلومتر (تقریباً ۲ برابر ارتفاع قله‌ی اورست).

گاه ابرهایی از یخ‌آب شکل می‌گیرند؛ اما عوامل اصلی تاثیرگذار در آب و هوای مریخ، غبار و ابرهای دی‌اکسیدکربن است.

ساختارهای سطحی

نیم‌کره‌ی جنوبی سیاره پوشیده از سرزمین‌های مرتفع و نیم‌کره‌ی شمالی پُر از دشت‌های پَست وسیع است. بین این دو ناحیه، صخره‌های طویل قرار دارند. دهانه‌های حاصل از برخورد شهاب‌سنگ‌ها، نواحی جنوبی سیاره را زخمی کرده و در شمال هم پراکنده‌اند. قله‌های آتش‌فشانی مرتفعی مانند قلّه‌ی اُلمپ یا اُلمپوس، دره‌ی عمیق و عظیم مارینر و رشته‌کوه‌ها و تَرَک‌های بسیاری در فلات تارسیس، درست شمال استوای سیاره و اطراف آن به چشم می‌خورد. برخی دانشمندان نیمه‌ی هموار شمالی را، به هر دلیلی که به‌وجود آمده باشد، بستر خشک‌شده‌ی اقیانوس قدیمی مریخ می‌دانند. در نقشه‌ی توپوگرافی سیاره (تصویر زیر)، ژرفا و ارتفاع پستی و بلندی‌های آن نواحی نیز مشخص شده است. نواحی پست (آبی) شمالی و نواحی مرتفع (قرمز)، جنوبی است.



شکاف اوفیر

شکاف اوفیر، بخشی از دره‌ی عظیم مارینر، به سبب ازهم‌گسیختن پوسته‌ی مریخ، رانش زمین و فرسایش در اثر باد و آب ایجاد شده است. دیواره‌ی دره ۴هزار متر ارتفاع دارد و خُرده‌سنگ‌های حاصل از رانش زمین، در پای صخره‌ها دیده می‌شود. دلیل بروز رانش یا زمین‌لغزه‌ها در بسیاری از دره‌ها، ترکیب اثر زمین‌لرزه‌ها با مواد خیسِ آب در پشت دیواره‌ی دره‌هاست که سطحی سُست و آماده‌ی فروریزش ایجاد می‌کند.



آلبا پاترا

آلباپاتِرا، که در لبه‌ی شمالی فلات تارسیس قرار دارد، قله‌ای به ارتفاع ۱۶۰۰ متر و قطر ۴۶۴ کیلومتر است. امکان دارد این قله آتش‌فشان یا ساختاری باشد که با بالا زدن حباب‌های گدازه‌ی داغ از پوسته‌ی سیاره و سپس سرد و جامد شدن آن، شکل گرفته است.

رصد عوارض سطحی

مریخ تنها سیاره‌ای است که هنگام نزدیک شدن به زمین، می‌توان جزئیات عوارض سطحی آن‌را با تلسکوپی نسبتاً ارزان‌قیمت تشخیص داد. تلسکوپ ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متری مناسب، دشت‌های تیره و روشن و کلاهک‌های یخی قطبی را، اگر در جهت مناسبی رو به ما باشد، نشان می‌دهد و با ابزاری بهتر، حتی ابرهای سیاره نیز تشخیص داده می‌شود. برخی بخش‌های سطح، نور کمتری بازتاب می‌کنند؛ زیرا سنگ و پوشش غبار آن‌ها متفاوت است. این نواحی مانند دشت‌های تیره‌ای بر سطح‌اند که بزرگ‌ترین آن‌ها، دشت سه‌گوش سیرتیس بزرگ است. در نیمه‌ی قرن هفدهم، هویگنس با تلسکوپی ۶ سانتی‌متری از رصد جابه‌جایی آن، شبانه‌روز مریخ را محاسبه کرد.

ابرهای رقیق در نزدیکی لبه‌ی سیاره

لکه‌های تیره با بازتاب کم

کلاهک یخی قطبی



قلّه‌ی اُلمپ

بزرگ‌ترین آتش‌فشان روی مریخ و حتی منظومه‌ی شمسی، قله‌ی اُلمپ است که به یاد کوه افسانه‌ای خدایان در یونان، نام‌گذاری شده است. ارتفاع این قله از سطح دشت‌های اطراف، فلات تارسیس، ۲۴هزار متر (سه برابر قله‌ی اورست روی زمین) و ابتدای دامنه‌ی این کوه صخره‌ای پُرشیب به ارتفاع ۶ تا ۸هزار متر است. قطر این کوه ۶۰۰ کیلومتر و قطر دهانه‌ی آتش‌فشانی نوک آن ۹۰ کیلومتر است. المپ چنان بزرگ است که اگر در ایران و در اصفهان قرار می‌گرفت، دامنه‌های آن از جنوب تهران تا شمال شیراز می‌رسید. شواهد تازه نشان می‌دهد که آتش‌فشان‌های مریخ خاموش شده‌اند؛ اما دیر به دیر فوران می‌کنند. احتمالاً تازه‌ترین فوران این آتش‌فشان‌ها، چند میلیون سال پیش بوده است. با آن‌که چند میلیون سال پیش خیلی دور به‌نظر می‌رسد، در مقایسه با ۴/۵میلیارد سال عمر این سیاره، روی‌داد جدیدی است!

در این نمای مریخ، کلاهک‌های یخی قطب شمال و آتش‌فشان‌ها و دره‌های شگفت‌انگیز نزدیک استوا دیده می‌شود.

دشت شمالی، فرورفتگی‌های تمپه، فرورفتگی‌های ماره‌اوتیس، فرورفتگی‌های آلبا، میلانکوویچ، دشت آرکادیا، گنبد اورانیوس، گنبد گرانیوس، گنبد تارسیس، کوه آسکرانوس، کوه‌های تارسیس، دشت آمازون، کوه پاوونیس، دره‌ی مارینر، شکاف، فلات سینا، فلات سوریه، کوه آرشیا، شکاف سولیس

وسعت فلات تارسیس ۸هزار کیلومتر، کمی بیش از فاصله‌ی تهران تا توکیو در شرقی‌ترین مرزهای آسیاست.

دره‌ی مارینر عمیق‌ترین دره در منظومه‌ی شمسی است. طول این شکاف ۴۵۰۰ کیلومتر و عمق متوسط آن ۸هزار متر است؛ ریزآبه‌های آن به بزرگی دره‌ی گراندکانیون، بزرگ‌ترین دره‌ی زمین در ایالات متحده، است.

سیلاب‌های گدازه در سرزمین‌های مرتفع و پُردهانه‌ی جنوبی، دشت‌های هموار ساخته است.

نیم‌کره‌ی غربی مریخ

کلاهک یخی قطبی

کلاهک‌های قطب‌های شمال و جنوب مریخ، شامل یخ دی‌اکسیدکربن (یخ خشک)، غبار و یخ آب است. در تابستان، با تبخیر دی‌اکسید کربن یخ‌زده، کلاهک‌ها کوچک و بخش زیادی از آن‌ها یخ‌آب می‌شود. این تصویر، که مدارگرد وایکینگ آن را گرفته، کلاهک یخی جنوبی را در تابستان آن نیم‌کره نشان می‌دهد که به قطر حدود ۴۰۰ کیلومتر رسیده است.



بیش‌تر بدانیم

تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰
سطح زمین ۱۰۴، مریخ (بهرام) ۱۳۲
شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸

مشتری

پنجمین سیاره از سوی خورشید، با سیاره‌های زمین‌مانند تفاوت بسیار دارد. مشتری بزرگ‌ترین سیاره در منظومه‌ی شمسی است. بیش از ۱۳۰۰ کره به اندازه‌ی زمین در حجم آن جا می‌گیرد و جرمش ۲/۵ برابر مجموع جرم سیاره‌های دیگر است. این سیاره جاذبه‌ی گرانشی بسیار قدرت‌مندی دارد که بر مسیر بسیاری از دنباله‌دارها تأثیر می‌گذارد؛ دنباله‌دارهایی که شاید در غیر این صورت، با زمین برخورد می‌کردند. به‌علاوه، حضور مشتری سبب پیدایش کمربند سیارک‌ها شده است و تعدادی از آن‌ها نیز به صورت قمرهای این سیاره یا همراهانی در مدار آن درآمده‌اند. مشتری یک غول گازی است؛ یعنی برخلاف سیاره‌های کوچک و سنگی داخلی، هیچ سطح جامدی ندارد، از گاز و مایع است و فقط یک هسته‌ی سنگی کوچک دارد. همه‌ی آنچه از این سیاره پیداست، گازهای بیرونی آن است. این سیاره ۶۳ قمر و منظومه‌ای از حلقه‌های خُرده‌سنگ و غباری دارد.



منظومه‌ی حلقه‌ها

حلقه‌های کم‌فروغ مشتری نخستین بار در سال ۱۹۷۹ در تصاویری دیده شد که کاوش‌گر فضایی وُیجِر ۱ به زمین ارسال کرد. تصاویر بعدی، که ویجر ۲ و فضاپیمای گالیله ارسال کردند و نیز در گذر فضاپیماهای کاسینی و افق‌های نو گرفته شد، جزئیاتی از ساختار آن‌ها آشکار شد. این حلقه‌ها شامل حلقه‌ی «ابرآلود» داخلی است که تا بالای جوّ سیاره امتداد دارد. حلقه‌ی تخت مرکزی و حلقه‌ی خارجی، که فضاپیمای گالیله نشان داد، حلقه‌ای لانه گرفته درون حلقه‌ای دیگر است. این حلقه‌ها از غبار و خُرده‌سنگ‌هایی شکل گرفته‌اند که با برخوردهای شهاب‌سنگی از چهار قمر داخلی مشتری به فضا پرتاب شده‌اند.

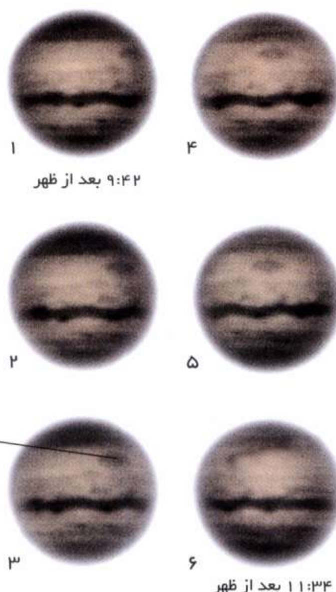
ساختار

مشتری توپ عظیمی از هیدروژن و هلیوم است که در لایه‌های پایین‌تر، به سبب فشار به مایع تبدیل شده‌اند و احتمالاً هسته‌ای جامد دارد. دانش ما درباره‌ی هسته‌ی این سیاره محدود است؛ اما احتمالاً ۱۰ تا ۱۵ بار پُرجرم‌تر از هسته‌ی زمین است. فشار و دما در عمق ۲۰هزار کیلومتری زیر ابرها آن‌قدر شدید است که هیدروژن به مایعی تبدیل می‌شود که شبیه فلز عمل می‌کند. هیدروژن مایع معمولی بالاتر از لایه‌ی فلزی قرار دارد. گازهای هیدروژن و هلیوم و ترکیبات متفاوت، ابرها و جوّی را شکل داده‌اند که سیاره را فراگرفته است.

شناسایی فضایی قمرهای مشتری		
نام	تاریخ	هدف‌های مهم مأموریت
ویجر ۱	مارس ۱۹۷۹	تصویربرداری از قمرهای گالیله‌ای. فعالیت‌های آتش‌فشانی قمر یو مشاهده شد.
گالیله	دسامبر ۱۹۹۶	آشکارسازی مغناطُکره‌ی گانیمد. تصاویر نشان دادند که یخ‌فشان‌ها سطح قمر اروپا را شکل داده‌اند.
گالیله	ژوئن ۱۹۹۷	شواهدی از اقیانوسی در زیر سطح یخی قمر کالیستو

چرخش

مشتری آن‌قدر سریع می‌چرخد که یک‌بار چرخش آن به دور محور، فقط ۹ ساعت و ۵۵ دقیقه طول می‌کشد؛ این مقدار را با چرخش ۲۴ ساعته‌ی زمین مقایسه کنید. نیروهای حاصل از چرخش سریع سیاره و تأثیرپذیری ساختار گازی، آن را کمی پَخ کرده و موجب شکم دادن استوای آن شده است، قطر قطب تا قطب مشتری در مقایسه با قطر استوایی آن ۷درصد کوچک‌تر است.



می‌توان چرخش سریع مشتری را با یک تلسکوپ زمینی دید. در مدت ۲ ساعت، لکه‌ی بزرگ سرخ (چشم مشتری) حدود یک‌چهارم مسیر دور سیاره را طی می‌کند. در این تصویر تلسکوپی سیاره وارونه است.

اگر مشتری ۸۰ بار پُرجرم‌تر از حالا بود، هسته‌ی آن به حدّ کافی داغ می‌شد تا موجب هم‌جوشی هسته‌های هیدروژن شود و به ستاره‌ای کم‌جرم تبدیل گردد.

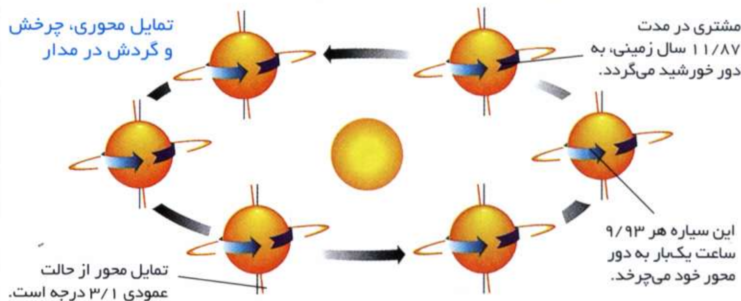
ترکیب مواد، از جمله گوگرد، موجب ظاهر چند رنگ مشتری است.

مشتری را کمربندهایی از ابرهای رنگی با رنگ‌های متفاوت فراگرفته است. به همین سبب، گاه آن را سیاره‌ی راه‌راه می‌نامند.

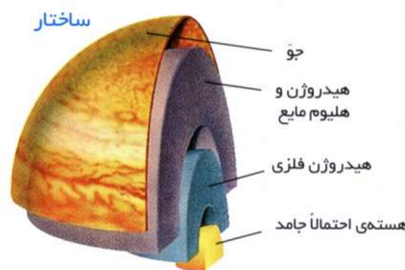
نقطه‌ها، لکه‌ها و نوارها در لایه‌ی بالایی ابرها، آشفتگی‌ها و توفان‌های جوّی هستند.

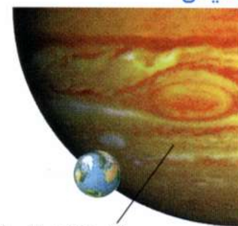
مشتری در یک نگاه

مشتری سیاره‌ای غول‌پیکر است. این سیاره هیچ پوسته‌ای ندارد و جوّ آن لایه‌ای به ضخامت حدود هزار کیلومتر است که لایه‌های داخلی هیدروژن مایع، هیدروژن فلزی مایع و هسته‌ای جامد را احاطه کرده است.

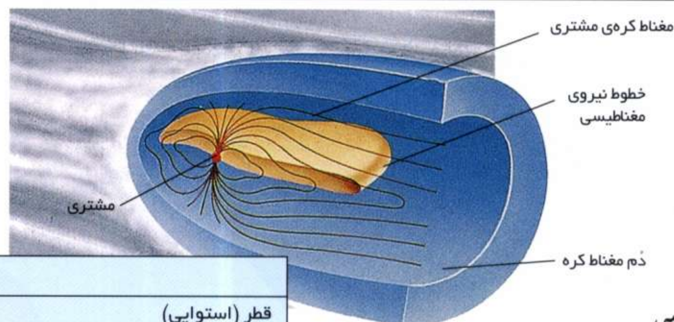


جوّ
هلیوم (۱۰/۲) درصد، با ردپایی از متان و آمونیاک.
هیدروژن (۸۹/۸ درصد)



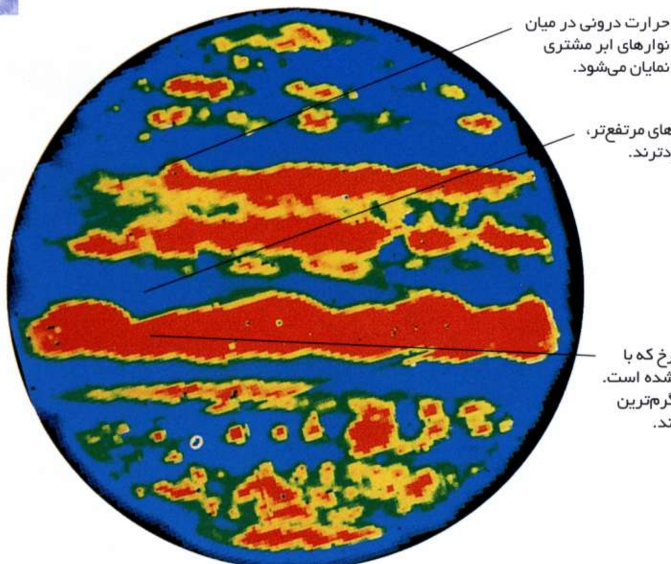






اثر مغناطیسی

میدان مغناطیسی مشتری ۲۰هزار بار قوی‌تر از میدان زمین است. دانشمندان بر این باورند که جریان‌های الکتریکی در هیدروژن فلزی چرخان درون سیاره، عامل تولید این میدان است. این میدان در فضا گسترده شده و سیاره را حباب مغناطیسی عظیمی، به نام مغناط‌کُره، احاطه کرده که در سمت خورشید، در تقابل با باد خورشیدی، فشرده و در سمت مخالف کشیده شده است. دُم این میدان اشک‌چشم مانند ۶۵۰میلیون کیلومتر در فضا، تا ورای مدار زحل، کشیده می‌شود.



دما

مشتری حرارتی بیش از آن‌چه از خورشید دریافت می‌کند، بیرون می‌دهد. این تابش حرارتی با منقبض شدن سیاره تولید می‌شود. قطر مشتری زمانی ۷۰۰هزار کیلومتر، ۵ برابر قطر فعلی آن، بوده است. انقباض سیاره حدود ۲ سانتی‌متر در هر سال ادامه دارد. در حال حاضر، دما بر فراز ابرهای مشتری ۱۱۰- درجه‌ی سانتی‌گراد است و به ازای هر یک کیلومتر عمق بیش‌تر، ۰/۳ درجه افزایش می‌یابد. این دما در هسته‌ی سیاره تقریباً به ۳۰هزار درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد.



رصد مشتری

مشتری اغلب شب‌ها سومین جرم پُرنور آسمان، پس از ماه و زهره، است. می‌توان آن را با چشم غیرمسلح دید و جزئیاتی مانند کمربندهایش را با تلسکوپی آماتوری رصد کرد.

تاریخچه‌ی شناخت مشتری

- در سال ۱۶۱۰، اخترشناس آلمانی زیمون ماریوس و هم‌زمان به طور مستقل گالیلئو گالیله چهار قمر بزرگ‌تر مشتری را با تلسکوپ‌های دست‌ساز کوچک خود کشف کردند که بعدها به قمرهای گالیله‌ای مشهور شدند.
- لکه‌ی سرخ بزرگ مشتری نخستین بار در قرن هفدهم رصد شد.
- اخترشناسان در سال ۱۹۵۵ تابش‌های رادیویی قوی سیاره را رصد کردند.
- پایونیر ۱۰ نخستین فضاپیمایی بود که در سال ۱۹۷۳ به مشتری رسید. این فضاپیما میدان مغناطیسی قوی و عجیب مشتری را کشف کرد.
- در سال ۱۹۹۵، فضاپیمای گالیله به مشتری رسید. کاوش‌گری به درون ابرهای مشتری فرستاد و خود تا سال ۲۰۰۳، که در مدار سیاره فعال بود، دانش ما را درباره‌ی مشتری متحول کرد.
- در سال ۲۰۰۰، فضاپیمای کاسینی در راه زحل از کنار مشتری گذشت و اطلاعات و تصاویر بسیاری به زمین فرستاد. مقایسه‌ی تصاویر هم‌زمان گالیله و کاسینی از دو منظر متفاوت، بسیار ارزش‌مند بود.
- در سال ۲۰۰۷، فضاپیمای افق‌های نو در راه رسیدن به پلوتون از کنار مشتری گذشت و تصاویر ارزش‌مندی از مشتری و قمرهای گالیله‌ای و اطلاعاتی از گستردگی مغناطکره‌ی مشتری به دست داد.

بیش‌تر بدانیم

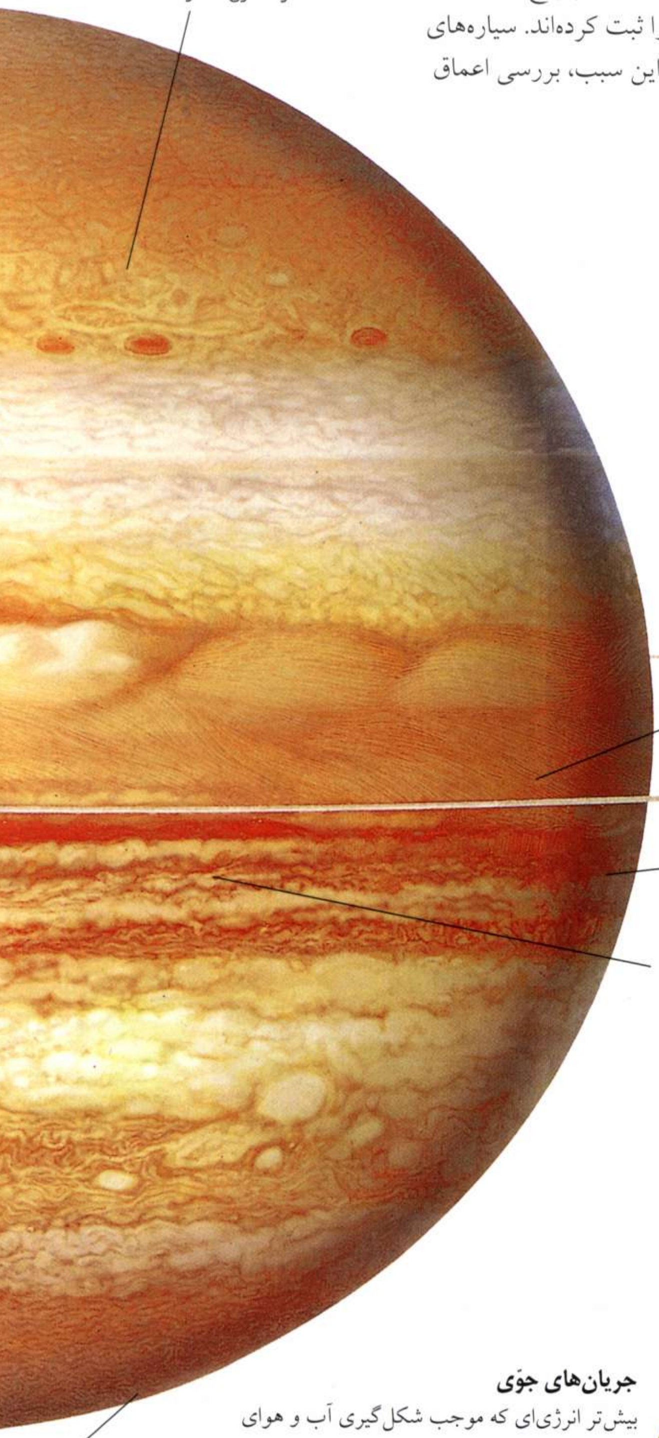
منظومه‌ی شمسی ۹۴
کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶
تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰
زمین ۱۰۲، درون خورشید ۱۷۴

شناسنامه

قطر (استوایی)	۱۴۲۹۸۴ کیلومتر
قطر (قطبی)	۱۳۳۷۰۸ کیلومتر
فاصله‌ی متوسط از خورشید	۷۷۸/۴ میلیون کیلومتر
سرعت مداری به دور خورشید	۱۳/۰۷ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور خورشید)	۱۱/۸۶ سال
از طلوع تا طلوع بعدی خورشید (شبانه‌روز بر فراز ابرها)	۹/۸۴ ساعت
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	۹/۹۲ ساعت
جرم (زمین = ۱)	۳۱۸
حجم (زمین = ۱)	۱۳۲۱
چگالی متوسط (آب = ۱)	۱/۳۳
گرانش بر فراز ابرها (زمین = ۱)	۲/۳۶
تمایل محوری (از حالت عمود بر صفحه‌ی مداری)	۳/۱۳ درجه
انحراف مداری (از دایرة البروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۱/۳ درجه
دما بر فراز ابرها	۱۱۰- درجه‌ی سانتی‌گراد
تعداد قمرها	۶۳ عدد (شناخته شده تا سال ۲۰۰۹)

جوّ مشتری

در منظومه‌ی شمسی، نواحی آشفته‌تر از جوّ مشتری بسیار کم‌اند. چرخش سریع سیاره به دور محور خود بادهایی برپا می‌کند که فضاپیمای گالیله سرعت آن‌ها را ۶۵۰ کیلومتر بر ساعت اندازه گرفت. از روی زمین می‌توان سامانه‌های پُرپیچ و تاب توفانی را در جوّ این سیاره دید. فضاپیماهایی هم که به سوی این سیاره رفته‌اند، آذرخش عظیمی را ثبت کرده‌اند. سیاره‌های گازی، مانند مشتری، از همان ابر گازی قدیمی ساخته شده‌اند که خورشید را پدید آورده است. به این سبب، بررسی اعماق جوّ آن‌ها به دانشمندان درک بهتری از اوایل تاریخ شکل‌گیری منظومه‌ی شمسی می‌دهد.



بر فراز ابرها

مشتری توپ گازی عظیمی است که با افزایش عمق به مایع و سپس جامد تبدیل می‌شود. این سیاره سطح جامدی ندارد؛ به این سبب، وقتی اخترشناسان به ویژگی‌هایی مانند دما اشاره می‌کنند، ارتفاعی از جوّ سیاره را در نظر می‌گیرند که فشار جوّ برابر با فشار زمین در سطح دریا باشد. این ناحیه تقریباً سطح ابرهای سفید است.

لکه‌های بزرگ سرخ

تندباد شدیدی با ابعاد سه برابر قطر زمین بیش از ۳۰۰ سال است که در جوّ مشتری دیده می‌شود. این توفان، که به لکه‌ی بزرگ سرخ (GRS) یا چشم مشتری مشهور است، در هر ۶ روز زمینی، در خلاف جهت عقربه‌های ساعت به دور خود می‌چرخد. این لکه، که حدود ۸ کیلومتر مرتفع‌تر از ابرهای اطراف است، بیش‌تر از گاز آمونیاک و ابرهای یخی ساخته شده است. در سه قرنی که لکه‌ی سرخ رصد شده، تغییراتی نیز در رنگ و شکل آن ثبت شده است که دلیل آن هنوز ناشناخته است.

مانند هوای مرطوب در جوّ زمین، گازهای لکه‌ی بزرگ سرخ صعود می‌کنند و در مارپیچی چرخنده پیچ‌وتاب می‌خورند و پس از سرد شدن پایین می‌روند.

مرز بین منطقه و کمربند

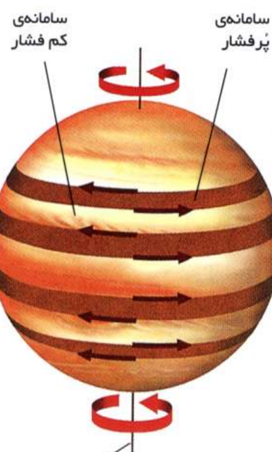


مناطق و کمربندها

نوارهای روشن (که منطقه نامیده می‌شوند)، نواحی بالا آمدن گاز گرم‌تر در جوّ هستند و نوارهای تیره (کمربندها)، نواحی فرورفتن گاز سرد شده‌اند. بالاترین نقاط کمربندها حدود ۲۰ کیلومتر پایین‌تر از بالاترین نقاط مناطق است. احتمالاً رنگ کمربندها به سبب ردپای گوگرد و ملکول‌های آلی است. ملکول‌های اصلی ردیابی شده در جوّ مشتری، علاوه بر هیدروژن و هلیم، که بیش‌تر سیاره و جوّ آن را تشکیل می‌دهد، متان، آمونیاک، آب، اتان، اتیلن، فسفین، مونوکسید کربن و سولفید آمونیوم است.

جریان‌های جوّی

بیش‌تر انرژی‌ای که موجب شکل‌گیری آب و هوای مشتری است، بیش از خورشید، از حرارت درونی خود سیاره تأمین می‌شود. حرارت برآمده از درون، به اضافه‌ی چرخش سریع سیاره، سامانه‌های پُرفشار و کم‌فشار را در تمام سیاره پخش می‌کند. در مرزهای بین سامانه‌های فشار، توفان‌ها شکل می‌گیرند.



ابرهای مه‌آلود بالایی از یخ آمونیاک تشکیل شده‌اند.

حدود ۲۰ کیلومتر پایین‌تر از فراز ابرها، لایه‌هایی از ابرهای سولفید آمونیوم است.

یخ‌آب حدود ۳۰ کیلومتر زیر سطح بالایی ابرها ظاهر می‌شود.

افزایش دما و فشار در لایه‌های پایینی جوّ سبب می‌شود که گازهای ساده‌ی بی‌رنگ واکنش نشان دهند و ملکول‌های رنگی پیچیده ایجاد کنند.

نمای ابرها

در لبه‌ی جوّ هزار کیلومتری مشتری، سه لایه ابر وجود دارد که تا عمق حدود ۸۰ کیلومتری امتداد می‌یابند. فضاپیمای گالیله تأیید کرد که لایه‌ی بالایی، شامل یخ نازک آمونیاک است. لایه‌ی مرکزی شامل سولفید آمونیوم و لایه‌ی پایینی از یخ و آب است.



بادام‌های سفید

بادام‌های سفید، مانند لکه‌ی بزرگ سرخ (GRS)، توفان‌های بیضی شکل چرخنده‌اند. بادها در مرکز آن‌ها بالا می‌آیند و در لبه‌ها فرو می‌روند. در سال ۱۹۹۸، دانشمندان دو بیضی سفید رصد کردند که با هم تلفیق شدند و بزرگ‌ترین توفان جوّی منظومه‌ی شمسی بعد از GRS را شکل دادند.

نمای قطبی شمال

لبه‌ی جنوبی کمربند معتدل شمالی پُر از لکه‌های بیضوی قرمز است.

کمربند استوایی شمالی، ظاهری درهم‌پیچیده شبیه طناب دارد که به سبب بادهای شدید ایجاد شده است.

برخورد دنباله‌دار

در ژوییه‌ی سال ۱۹۹۴، ۲۱ قطعه‌ی دنباله‌دار شومیکر ـ لِوی ۹ به مشتری برخورد کرد. برخی از این برخوردها، با سرعت حدود ۲۱۰هزار کیلومتر بر ساعت، گوی‌هایی از آتش به قطر ۴هزار کیلومتر را تا ارتفاع بیش از ۲هزار کیلومتر بالاتر از فراز ابرها فرستادند. توده‌های تیره، مکان برخوردها را در این تصویر تلسکوپ فضایی هابل نشان می‌دهند.

کاوش‌گر رها شده از فضاپیمای گالیله درست شمال استوا وارد جوّ مشتری شد.

چتر نجات سرعت سقوط کاوش‌گر به درون جوّ را کاهش داد.

ابزارها ترکیبات، دما و فشار جوّی را اندازه گرفت.

کاوش‌گر ۵۸ دقیقه فرود آمد تا سرانجام در جوّ مشتری خُرد شد و از بین رفت.

سپر گرمایی کاوش‌گر را در حین سقوط در جوّ محافظت می‌کرد.

فضاپیمای گالیله

فضاپیمای گالیله‌ی ناسا در دسامبر سال ۱۹۹۵ به مشتری رسید. چندی بعد، کاوش‌گری از آن رها شد و درون جوّ سیاره فرود آمد. این کاوش‌گر فقط رشته‌رشته‌هایی از ابر و اکسیژن و آب بسیار کمتری، در مقایسه با پیش‌بینی دانشمندان، رصد کرد. کاوش‌گر حدود ۵۸ دقیقه در ابرها نفوذ کرد تا این‌که مطابق پیش‌بینی، بر اثر فشار خُردکننده‌ی جوّی از بین رفت.

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴
جوّ زمین ۱۰۶، زحل ۱۴۸
اورانوس ۱۵۴، شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸

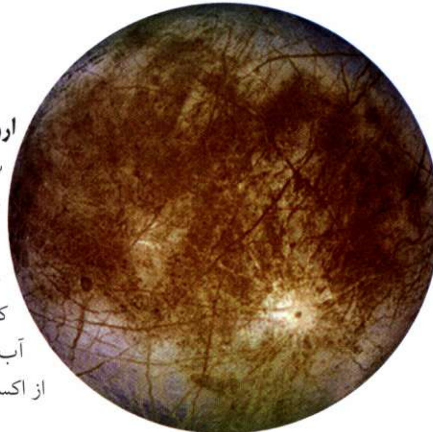
قمرهای مشتری



معمولاً به مشتری و بیش از ۶۰ قمر شناخته شده‌ی آن، منظومه‌ی شمسی مینیاتوری لقب می‌دهند. آن‌ها بسیار متنوع، برخی سنگی و بعضی یخی هستند و برخی زیر پوسته‌ی یخی خود وضعیتی دارند که برای پرورش حیات ابتدایی لازم است. همه‌ی قمرهای قدیمی‌تر، به‌جز آمالتِئا ـ به نام معشوقگان زئوس ـ الهه‌ی خدایان یونان باستان و معادل الهه‌ی رومی ژوپیتر (نام لاتینی مشتری) ـ نام‌گذاری شده‌اند. قمرهای جدید نام‌های دیگری مانند شخصیت‌های نمایش‌نامه‌های شکسپیر دارند. چهار قمر بزرگ‌تر را نخستین بار گالیله در سال ۱۶۱۰ بررسی کرد. فضاپیمایی که به شایستگی نامش گالیله بود، طی حدود ۸ سال کار خود، نحوه‌ی عمل اجزای منظومه‌ی پیچیده‌ی مشتری و قمرهایش را در کنار هم و اثر آن‌ها را بر هم آشکار کرد.

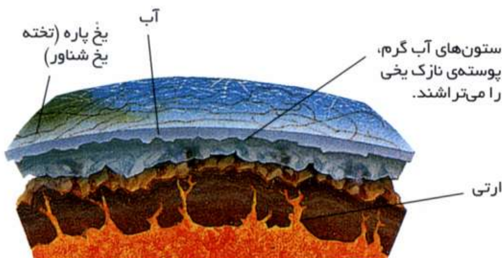
قمرهای گالیله‌ای

چهار قمری که گالیله آن‌ها را بررسی کرد، به ترتیب فاصله از مشتری عبارت‌اند از: یو، اروپا، گانیمد و کالیستو. اندازه‌ی آن‌ها از ۰/۹ تا ۱/۵ برابر اندازه‌ی قمر زمین، ماه، است و هریک ویژگی‌هایی دارند. قمرهای گالیله‌ای در مسیرهای تقریباً دایره‌ای و دور استوای مشتری می‌گردند.



اروپا

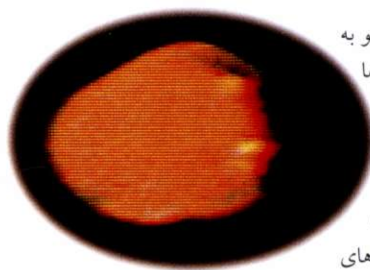
سطح قمر اروپا یخ صاف و هموار است. تعداد کم دهانه‌های برخوردی و ترک‌های بسیار بر سطح سپید آن، از پوسته‌ی تازه‌ای نشان دارد که مدام با لایه‌های تازه‌ی یخ تجدید می‌شود. از شکاف‌های سطحی اروپا، فوران‌هایی به نام یخ‌فشان، یخ گرم و تازه‌ی زیرین را به سطح می‌رساند. داده‌های فضاپیمای گالیله حاکی از آن است که اقیانوسی مایع زیر این یخ وجود دارد که از گرمای مرکزی اروپا شکل گرفته است. برخی دانشمندان بر این باورند که شاید حیات آب‌زی در بخش‌های گرم‌تر این اقیانوس پاگرفته باشد. تلسکوپ فضایی هابل نیز جوّ بسیار رقیقی از اکسیژن به دور اروپا آشکار کرد.



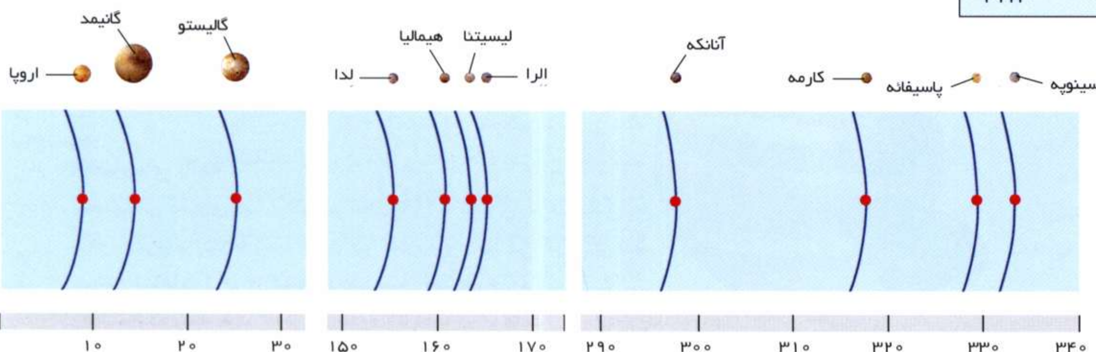
برش مقطعی پوسته‌ی قمر اروپا

نام	قطر به کیلومتر	فاصله تا مشتری (کیلومتر)	گردش در مدار به روز	سال کشف
۱۶ قمر اصلی مشتری (به ترتیب فاصله از سیاره)				
مِتیس	۴۰	۱۲۷۹۶۰	۰/۲۹	۱۹۷۹
آدراستِئا	۲۰	۱۲۸۹۸۰	۰/۳۰	۱۹۷۹
آمالتئا	۲۰۰	۱۸۱۳۰۰	۰/۵۰	۱۸۹۲
تِبه	۱۰۰	۲۲۱۹۰۰	۰/۶۷	۱۹۷۹
یو	۳۶۴۳	۴۲۱۶۰۰	۱/۷۷	۱۶۱۰
اروپا	۳۱۳۰	۶۷۰۹۰۰	۳/۵۵	۱۶۱۰
گانیمد	۵۲۶۸	۱۰۷۰۰۰۰	۷/۱۵	۱۶۱۰
کالیستو	۴۸۰۶	۱۸۸۳۰۰۰	۱۶/۶۹	۱۶۱۰
لِدا	۱۰	۱۱۰۹۴۰۰۰	۲۳۹	۱۹۷۴
هیمالیا	۱۷۰	۱۱۴۸۰۰۰۰	۲۵۱	۱۹۰۴
لیسیتِئا	۲۴	۱۱۷۲۰۰۰۰	۲۵۹	۱۹۳۸
اِلارا	۸۰	۱۱۷۳۷۰۰۰	۲۶۰	۱۹۰۵
آنانکه	۲۰	۲۱۲۰۰۰۰۰	۶۳۱	۱۹۵۱
کارمه	۳۰	۲۲۶۰۰۰۰۰	۶۹۲	۱۹۳۸
پاسیفائه	۳۶	۲۳۵۰۰۰۰۰	۷۳۵	۱۹۰۸
سینوپه	۲۸	۲۳۷۰۰۰۰۰	۷۵۸	۱۹۱۴

قمرهای داخلی

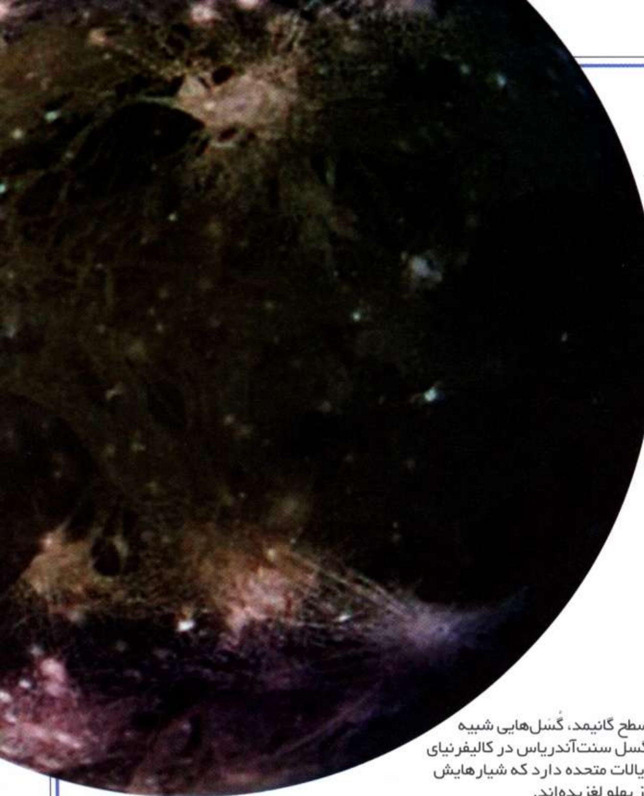


از میان حدود ۶۰ قمر کوچک‌تر مشتری، چند تایی درون مدار یو به دور مشتری می‌گردند. آن‌ها هم‌چنان مورد هجوم شهاب‌سنگ‌ها هستند و از غبار حاصل از این برخوردها، حلقه‌های سیاره پیوسته بازسازی می‌شود. دو عدد از درونی‌ترین قمرها، مِتیس و آدراستِئا، سرانجام با حرکتی مارپیچی به درون سیاره می‌روند. بزرگ‌ترین قمر غیرگالیله‌ای، آمالتِئای سیب‌زمینی‌شکل است. به احتمال زیاد، رنگ قرمز آمالتئا به سبب گوگرد حاصل از فوران‌های آتش‌فشانی یو است.



قمرها و مدارهای آن‌ها

در طرح روبه‌رو، ۱۶ قمر از قدیم شناخته شده و اصلی مشتری نشان داده شده است. قمرهای لِدا، هیمالیا، لیسیتِئا و اِلارا احتمالاً تکه‌های سیارکی خُرد شده‌اند. شاید چهار قمر دورتر، سیارک‌های به دام افتاده باشند. آن‌ها در خلاف جهت گردش قمرهای داخلی به دور مشتری می‌گردند.



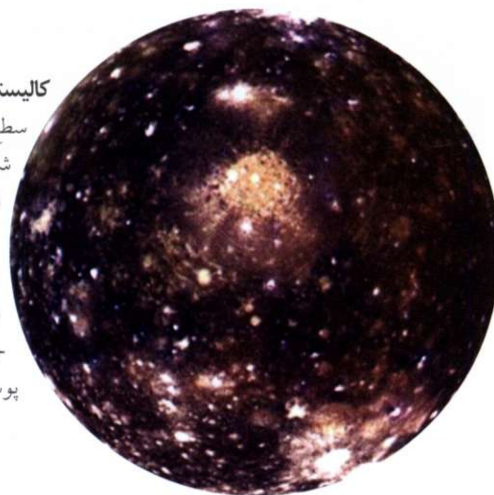
سطح گانیمد، گُسل‌هایی شبیه گسل سنت‌آندریاس در کالیفرنیای ایالات متحده دارد که شیارهایش از پهلو لغزیده‌اند.

گانیمد

بزرگ‌ترین قمر مشتری، از سیاره‌ی عطارد بزرگ‌تر است. به‌علاوه، گانیمد بزرگ‌ترین قمر در همه‌ی منظومه‌ی شمسی است. کاوش‌گر گالیله کشف کرد که گانیمد برای خود مغناطکُره دارد. پیش از آن، دانشمندان تصور می‌کردند که این قمر هسته‌ای سنگی دارد که با آب و سپس پوسته‌ی یخ احاطه شده است. اکنون دانشمندان بر این باورند که دست کم، بخشی از هسته‌ی گانیمد آهن مذاب است که گوشته‌ای سنگی و پوسته‌ای یخی دارد. نشانه‌هایی در دست است که بین گوشته و پوسته، اقیانوس کم‌ضخامتی از آب‌نمک وجود دارد.

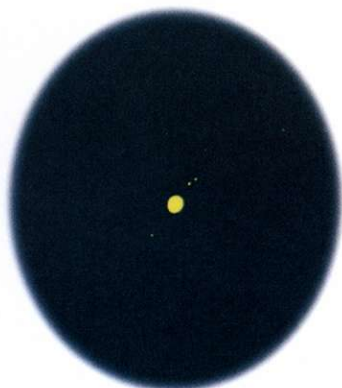
شناسایی فضایی قمرهای مشتری

نام	تاریخ	هدف‌های مهم مأموریت
ویجر ۱	مارس ۱۹۷۹	تصویربرداری از قمرهای گالیله‌ای. فعالیت‌های آتش‌فشانی یو و اولین شواهد از اقیانوس احتمالی زیر سطح یخی اروپا مشاهده شد.
گالیله	دسامبر ۱۹۹۶	آشکارسازی مغناطکُره‌ی گانیمد. تصاویر نشان دادند که یخ‌فشان‌ها سطح اروپا را شکل داده‌اند.
گالیله	ژوئن ۱۹۹۷	شواهدی از اقیانوسی در زیر سطح یخی کالیستو



کالیستو

سطح کالیستو کاملاً با دهانه‌های برخوردی، که به زمان شکل‌گیری منظومه‌ی مشتری تعلق دارند، پوشیده شده است. کالیستو شامل ۶۰درصد سنگ و آهن و ۴۰درصد یخ و آب است. کاوش‌گر گالیله تغییراتی را در میدان مغناطیسی اطراف این قمر کشف کرد. دانشمندان بر این باورند که این تغییرات به سبب جریان‌های الکتریکی است که در اقیانوس نمکی زیر پوسته‌ی یخی کالیستو جریان دارد.



رصد مشتری با تلسکوپ کوچک

یو، پوشیده از آتش‌فشان‌ها، دریاچه‌های گوگرد مذاب، جریان‌های گدازه و کوه‌هایی تا ارتفاع ۸هزار متر است.

ممکن است آتش‌فشان‌ها ستون‌هایی از گاز را تا ارتفاع حدود ۳۰۰ کیلومتری به هوا پرتاب کنند. در هر لحظه آتش‌فشان‌های عظیم بسیاری در حال فوران بر سطح این قمرند.

رصد قمرها

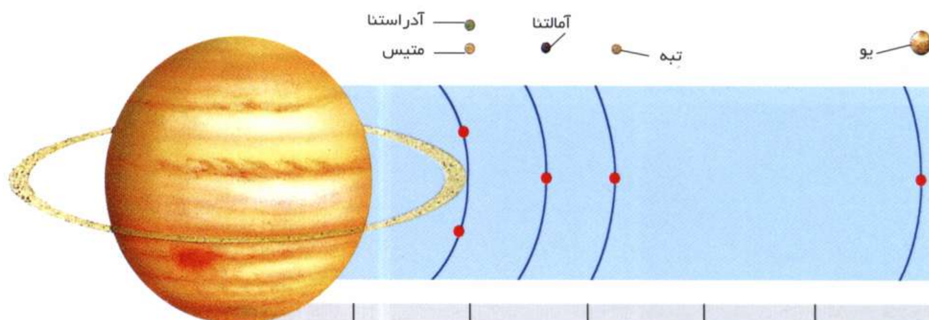
با یک دوربین دوچشمی خوب یا تلسکوپی کوچک، می‌توان در شب‌های پیاپی یا گاه فقط در چند ساعت، حرکت قمرهای گالیله‌ای به دور مشتری را دنبال کرد. آن‌ها گاهی در پشت مشتری یا در سایه‌ی آن در فضا پنهان می‌شوند، از مقابل قرص مشتری می‌گذرند یا سایه‌ای کوچک بر آن می‌افکنند. این قمرها در تاریخ اخترشناسی نقشی حیاتی داشته‌اند؛ این حقیقت که آن‌ها به دور سیاره‌ای دیگر می‌گردند، نشان داد که همه چیز به دور زمین نمی‌گردد.

یو

نیروی گرانش مشتری، اروپا و گانیمد، مدام یو را می‌کشند و پس می‌زنند و پوسته‌ی آن را عقب و جلو می‌کنند. این نیروهای کشندی (جزر و مدّی) درون قمر را گرم می‌کنند. در نتیجه، یو فعال‌ترین جسم منظومه‌ی شمسی از نظر آتش‌فشانی است. چهره‌ی رنگارنگ و پیتزا مانند آن به سبب فعالیت صدها آتش‌فشان است که گوگرد و ترکیبات گوگردی بر سطح قمر پخش کرده‌اند. این آتش‌فشان‌ها سبب پیدایش جوّ رقیقی از دی‌اکسید گوگرد در اطراف یو شده‌اند.



رصد مشتری و عوارض سطحی آن با تلسکوپ متوسط آماتوری

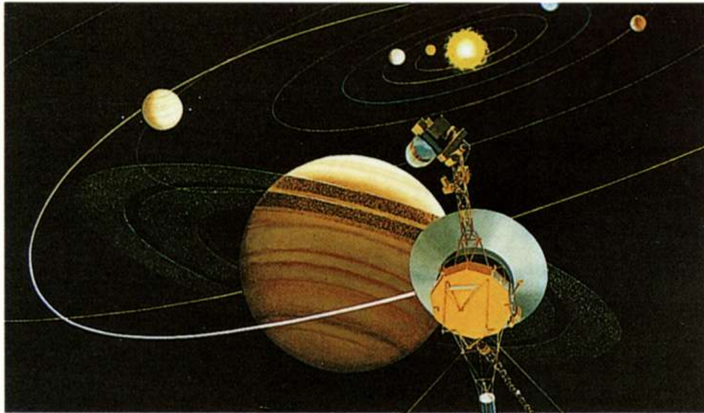


بیش‌تر بدانیم

سیاره‌ی زنده ۱۰۸، ماه ۱۱۰
قمرهای زحل ۱۵۲، اورانوس ۱۵۴
سیارک‌ها ۱۶۶

زحل

زحل دومین سیاره‌ی بزرگ منظومه‌ی شمسی است. تشخیص این سیاره، به سبب وجود حلقه‌های درخشانی به دور استوای آن، بسیار ساده است. این سیاره هم، مانند مشتری، توپ عظیمی از گاز و مایع است که پوششی از ابر، آن را دربرگرفته است. زحل، که در مقایسه با زمین، ۱۰ بار از خورشید دورتر است، دورترین سیاره‌ی شناخته شده پیش از اختراع تلسکوپ بود. این سیاره با چشم غیر مسلح، شبیه ستاره‌ای زرد رنگ و تقریباً درخشان دیده می‌شود؛ ولی برای دیدن حلقه‌های آن به تلسکوپ نیاز است. سه فضاپیما، پایونیر ۱۱ و ویجرهای ۱ و ۲، از کنار زحل عبور کرده‌اند و فضاپیمای کاسینی، که در سال ۲۰۰۴ به زحل رسید، هم‌چنان در حال گردش به دور این سیاره و ارسال داده‌های ارزش‌مندی به زمین است.



گذر ویجرها

در سال ۱۹۸۰، فضاپیمای ویجر ۱ از کنار زحل و بزرگ‌ترین قمر آن، تیتان، گذشت. در سال ۱۹۸۱ نیز ویجر ۲، پیش از رفتن به سوی اورانوس و نپتون، از کنار زحل گذشت.

الگوی ابرهای زحل در زیر لایه‌ای از غبار بلورهای آمونیاک پنهان است.

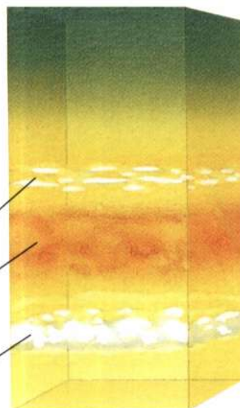
حلقه‌ها از ذرات و تکه‌های ریز و درشت یخ تشکیل شده‌اند.

سیاره‌ی گندمی

زحل نیز، مانند مشتری، سطحی از ابرهای گوناگون دارد که به سبب چرخش سیاره به صورت نوار درآمده است. در مقایسه با مشتری، ابرهای زحل ظاهر آرام‌تری دارند و کمتر رنگین هستند. آن‌ها در ارتفاع پایین‌تری در جوّ قرار دارند و سردترند (دمای ابرهای سفید در بالای جوّ ۱۴۰- درجه‌ی سانتی‌گراد است). بر فراز ابرها، لایه‌ای غبار است که سبب رنگ زرد گندمی زحل و باعث شده است که سطح این سیاره هموارتر از مشتری به نظر برسد.

جوّ

زحل سه لایه‌ی اصلی ابر دارد که از همان گازهای سازنده‌ی جوّ مشتری تشکیل شده‌اند. فقط لایه‌ای از غبار بر فراز آن‌ها قرار دارد. لایه‌های ابری زحل از هسته‌ی آن فاصله‌ی بیش‌تری دارند؛ زیرا نیروی گرانش آن ضعیف‌تر از مشتری است.



قطر زحل ۹ برابر زمین است.

توفان‌های زحل

تقریباً هر ۳۰ سال یک‌بار (مدت گردش زحل به دور خورشید)، در تابستان نیم‌کره‌ی شمالی زحل، توفان‌هایی درمی‌گیرد که نقاط سفید رنگ عظیمی را در نزدیکی استوای سیاره شکل می‌دهد. این تصاویر، که تلسکوپ فضایی هابل آن‌ها را گرفته است، توفانی را نشان می‌دهند که در سال ۱۹۹۰ شکل گرفت و دور تا دور سیاره را احاطه کرد. تندبادهای جوّ زحل، تندترین بادهای شناخته شده در منظومه‌ی شمسی هستند که سرعتشان به بیش از هزار کیلومتر در ساعت هم می‌رسد.

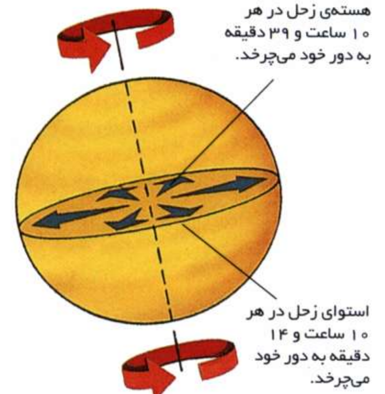
مرحله‌ی ۱ توفان

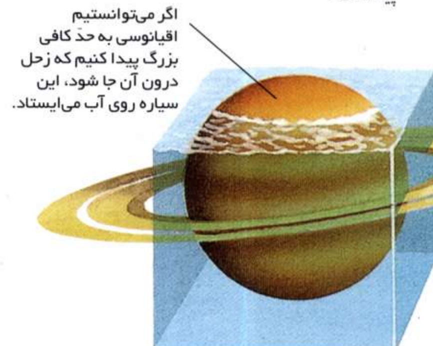


ابرها، کمربندهای روشن و مناطق تیره را ایجاد می‌کنند؛ درست مانند مشتری.

سیاره‌ی پَخ شده

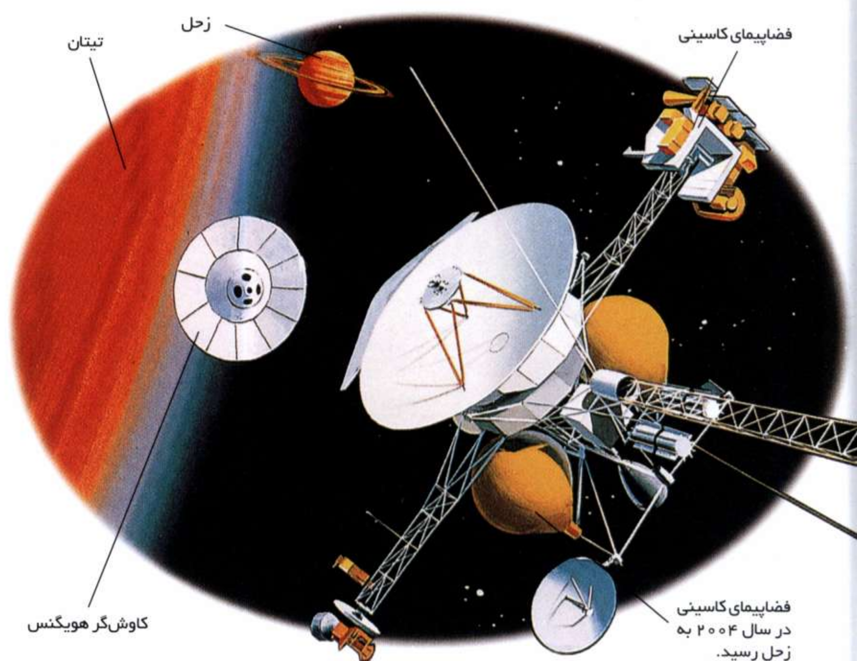
استوای زحل در هر ۱۰ ساعت و ۱۴ دقیقه به دور خود می‌چرخد که در مقایسه با قطب‌ها تقریباً نیم ساعت بیش‌تر است. ساختار گازی و چگالی کم آن، به اضافه‌ی چرخش سریع، به این معنی است که زحل بیش از هر سیاره‌ی دیگری پَخ شده و استوای آن شکم داده است. استوای زحل ۱۱درصد از قطب‌هایش پهن‌تر است و شکل بیضوی سیاره در تصاویر آن پیداست.





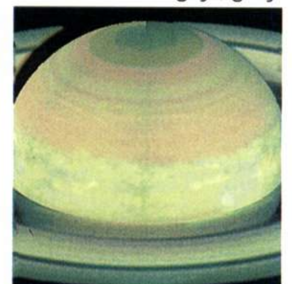
چگالی سیاره

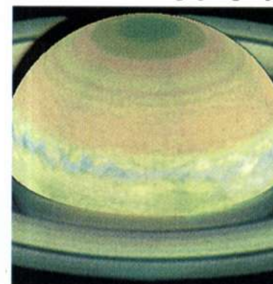
زحل کمترین چگالی را در میان سیاره‌ها دارد. چگالی متوسط آن فقط ۷۰درصد چگالی آب است (البته چگالی مرکز سیاره بسیار بیش‌تر و در نزدیکی سطح بسیار کمتر است). جسمی با چگالی کم زحل، روی آب شناور می‌ماند.

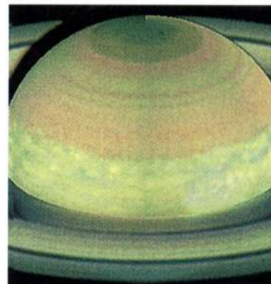


مأموریت کاسینی

فضاپیمای کاسینی، که در سال ۱۹۹۷ پرتاب شد و در سال ۲۰۰۴ به زحل رسید، مأموریتی فضایی برای بررسی زحل، حلقه‌ها و قمرهای آن است. چند ماه پس از رسیدن کاسینی به زحل، کاوش‌گر کوچکی به نام هویگنس را روی بزرگ‌ترین قمر زحل، تیتان، رها کرد. این کاوش‌گر پس از گذر از جوّ غلیظ تیتان، بر سطح آن فرود آمد و در هنگام پایین آمدن و تا ساعتی پس از فرود، داده‌ها و تصاویر بسیار ارزش‌مندی از تیتان به کاسینی مخابره کرد.

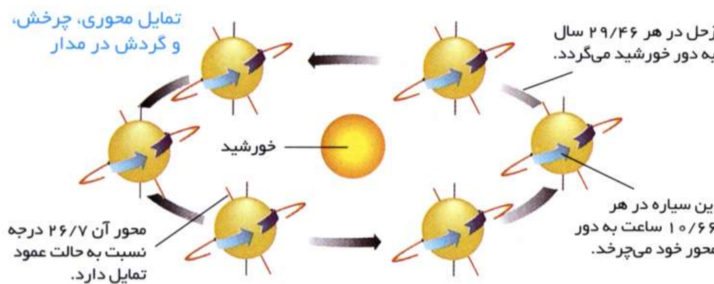

مرحله‌ی ۲ توفان

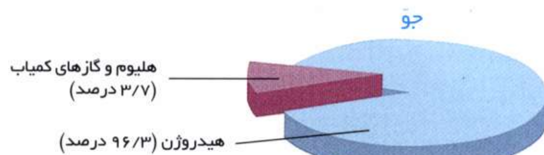

مرحله‌ی ۳ توفان

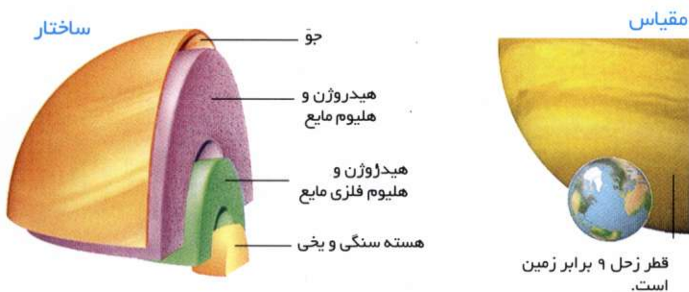

مرحله‌ی ۴ توفان

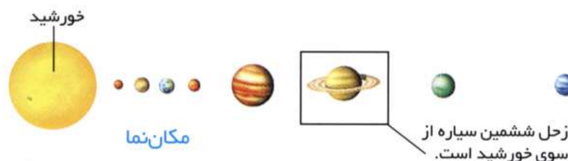
زحل در یک نگاه

زحل، به قطر ۹ برابر زمین، هسته‌ای سنگی و لایه‌های خارجی از گاز و مایع دارد. حلقه‌های درخشانی از ذرات یخی به دور استوای سیاره می‌گردند که زیباترین حلقه‌های سیاره‌ای منظومه‌ی شمسی به‌شمار می‌روند.









شناسنامه	
قطر (استوایی)	۱۲۰۵۳۶ کیلومتر
قطر (قطبی)	۱۰۸۷۲۸ کیلومتر
فاصله‌ی متوسط تا خورشید	۱/۴۲۷ میلیارد کیلومتر
سرعت مداری به دور خورشید	۹/۶۶ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور خورشید)	۲۹/۴۵ سال
از طلوع تا طلوع بعدی خورشید (شبانه‌روز بر فراز ابرها)	۱۰/۲۳ ساعت
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	۱۰/۶۶ ساعت
جرم (زمین = ۱)	۹۵
حجم (زمین = ۱)	۷۶۳/۵۹
چگالی متوسط (آب = ۱)	۰/۶۹
گرانش بر فراز ابرها (زمین = ۱)	۰/۹۲
تمایل محوری (از حالت عمود بر صفحه‌ی مداری)	۲۶/۷۳ درجه
انحراف محوری (از دایرة‌البروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۲/۵ درجه
دما بر فراز ابرها	۱۴۰ – درجه‌ی سانتی‌گراد
تعداد قمرهای شناخته شده	۶۱عدد (شناخته شده تا سال ۲۰۰۹)

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴، مشتری ۱۴۲، اورانوس ۱۵۴

حلقه‌های زحل

چهار سیاره حلقه دارند: مشتری، زحل، اورانوس و نپتون؛ اما حلقه‌های زحل درخشان‌ترین است که حتی از درون تلسکوپی کوچک هم نمای شگفت‌انگیزی دارد. شاید حلقه‌ها، صفحه‌هایی یک تکه به‌نظر برسند؛ اما در حقیقت، از تکه‌های یخ و سنگ، با ابعادی از ذرات غبار تا کوه‌های یخی بزرگ‌تر از یک خانه، تشکیل شده‌اند که مانند گلّه‌ای از قمرها به دور استوای سیاره می‌گردند. حلقه‌های زحل احتمالاً بقایای قمر یا خُرده‌سیاره‌ای هستند که در چند صد میلیون سال گذشته، به مرور بسیار به زحل نزدیک شده و بر اثر نیروهای کشندی گرانشی از هم پاشیده شده‌اند.

حلقه‌های باشکوه



ما نمی‌توانیم از زمین چنین زاویه‌ای از زحل و حلقه‌های آن ببینیم. این تصویر را فضاپیمای ویجر ۲ در سال ۱۹۸۱، زمانی که در حال دور شدن از زحل و در راه رفتن به اورانوس و نپتون بود، گرفت. حلقه‌ها با نور خورشید روشن شده‌اند. بخشی از سیاره‌ی زحل، حتی از پشت بخش درونی حلقه‌ها، دیده می‌شود.

تکه‌های یخ، حلقه‌ها را شکل داده‌اند. ابعاد آن‌ها از ذرات ریز تا قطعاتی به اندازه‌ی چند متر است. اما فراوان‌ترین تکه‌ها، گلوله‌های یخی به قطر حدود ۱۰ سانتی‌متر هستند.

سایه‌ی حلقه‌ها بر سطح سیاره

پره‌های تاریک در حلقه‌های زحل احتمالاً به سبب بروز آذرخش در جو زحل و اثر برخورد ذرات باردار متحرک در میدان مغناطیسی سیاره شکل می‌گیرند.

حلقه‌ی C شفاف است.

حلقه‌ی D آن‌قدر به سیاره نزدیک است که تقریباً با آن تماس دارد.

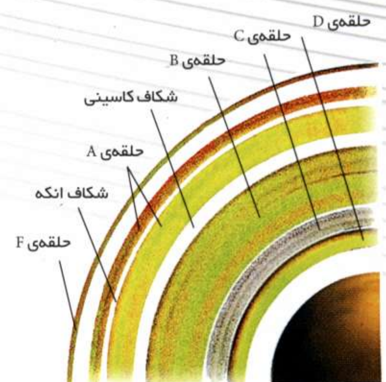
سطح سیاره از میان شکاف کاسینی پیداست.

ساختار حلقه‌ها

با تلسکوپ‌های روی زمین، اغلب فقط سه حلقه‌ی اصلی قابل تشخیص است: حلقه‌ی خارجی A، حلقه‌ی درخشان مرکزی B و حلقه‌ی درونی و شفاف C (که حلقه‌ی کرِپ نیز خوانده می‌شود). فضاپیماها نشان دادند که ذرات درون این حلقه‌های اصلی، خود به صورت هزاران حلقه‌ی کوچک و فشرده کنار هم قرار گرفته‌اند. در هر دو سوی این سه حلقه، حلقه‌های کم‌فروغ‌تری وجود دارند که فضاپیماها آن‌ها را کشف کردند. حلقه‌ی D از همه به زحل نزدیک‌تر و حلقه‌های F، G و E دورتر است.

حلقه‌های درونی

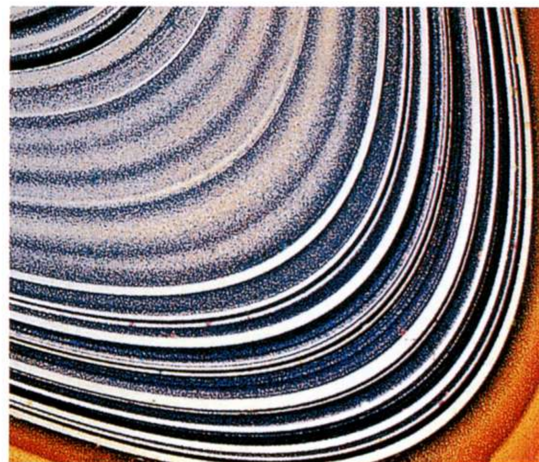
حلقه‌ی B درخشان‌ترین و پهن‌ترین حلقه در میان آن‌هایی است که از زمین دیده می‌شوند. شکاف کاسینی، به پهنای ۴۷۰۰ کیلومتر، بین این حلقه و حلقه‌ی A قرار دارد. این شکاف کاملاً از ماده خالی نیست؛ اما تراکم ذرات، به‌خصوص ذرات کوچک‌تر، در آن کم است. شکاف باریکی به پهنای حدود ۳۰۰ کیلومتر، شکاف انکه، حلقه‌ی A را به دو بخش تقسیم کرده است. دو حلقه‌ی کم‌فروغ دیگر، G و E که دورتر قرار دارند، در این‌جا نمایش داده شده‌اند.



قمرهای چوپان



دو قمر کوچک، پاندورا و پرومتئه، در دو سوی حلقه‌ی باریک F در حرکت‌اند. آن‌ها را قمرهای چوپان می‌نامند؛ زیرا از پراکنده شدن ذرات این حلقه جلوگیری می‌کنند و آن‌ها را مدام در یک مسیر نگه‌می‌دارند. البته پرومتئه پیوسته ذراتی را نیز از حلقه جذب می‌کند. حلقه‌ی F را فضاپیمای پایونیر ۱۱ در سال ۱۹۷۹ و یک سال بعد، ویجر ۱ قمرهای چوپان را کشف کرد.



نمای نزدیک از دید ویجر

در نمای نزدیکی که فضاپیمای ویجر از حلقه‌های زحل گرفت، این حلقه‌ها به بی‌شمار حلقه‌های باریک‌تر تبدیل شده‌اند که یادآور شیارهای صفحه‌های گرامافون‌های قدیمی هستند. حلقه‌های کوچک‌تر، حتی درون شکاف‌ها، از جمله شکاف کاسینی یافت می‌شوند. در این تصویر حلقه‌ی C و بخشی از حلقه‌ی B را می‌بینید. رنگ‌ها حقیقی نیستند و با رایانه اضافه شده‌اند تا تفاوت‌های حلقه‌ها بارزتر نشان داده شود. در سال ۲۰۰۴، هم‌زمان با ورود فضاپیمای کاسینی به مدار زحل، تصاویری بسیار نزدیک‌تر از حلقه‌ها گرفته و حتی بزرگ‌ترین صخره‌های یخی در فضای حلقه‌ها تفکیک شد. این عبور سبب کشف آثار گرانشی موج‌مانند قمرها بر حلقه‌ها شد.

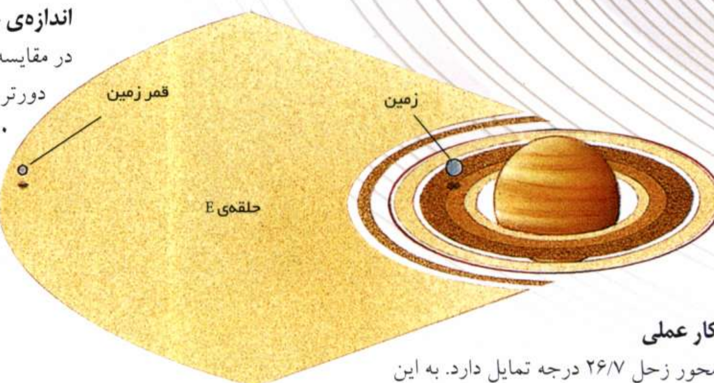






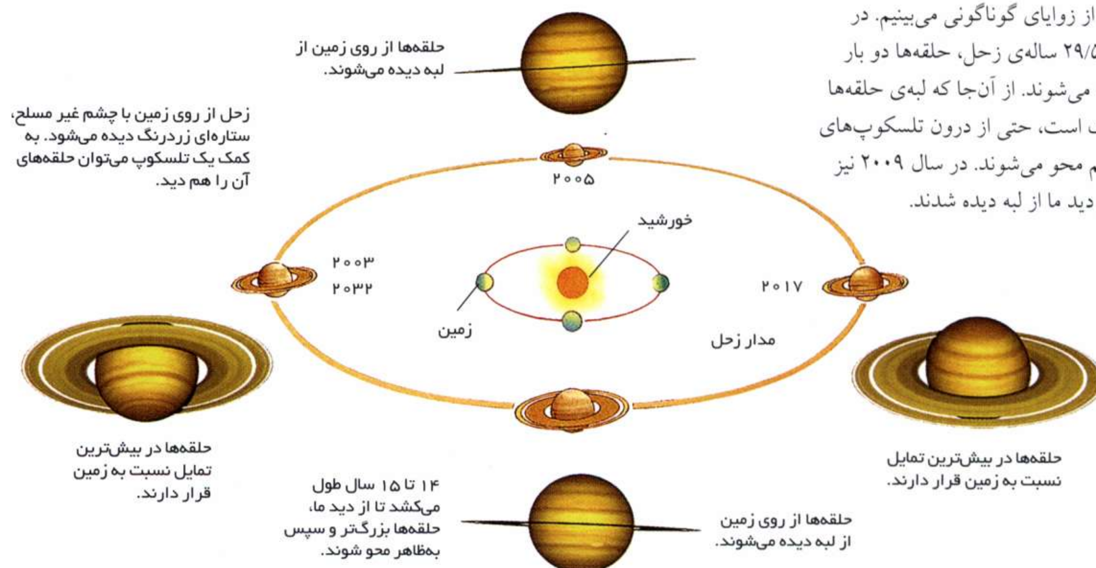
اندازه‌ی حلقه‌ها

در مقایسه با حلقه‌های دیگر سیاره‌ها، حلقه‌های زحل تا فواصل دورتری کشیده شده‌اند. حلقه‌ی کم‌فروغ E تا فاصله‌ی ۴۸۰هزار کیلومتری، بیش از فاصله‌ی ماه تا زمین، گسترده شده است. ضخامت حلقه‌های زحل، با وجود گستردگی بسیار، در برخی مناطق فقط ۱۰ متر است؛ در نتیجه، در مقایسه با قطر خود، بسیار نازک‌تر از یک برگ دستمال کاغذی هستند.



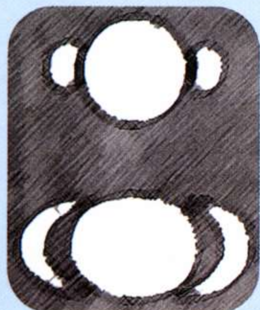
کار عملی

محور زحل ۲۶/۷ درجه تمایل دارد. به این سبب، در حین حرکت سیاره به دور خورشید، حلقه‌ها را از زوایای گوناگونی می‌بینیم. در طی مدار ۲۹/۵ ساله‌ی زحل، حلقه‌ها دو بار از لبه دیده می‌شوند. از آن‌جا که لبه‌ی حلقه‌ها خیلی نازک است، حتی از درون تلسکوپ‌های کوچک هم محو می‌شوند. در سال ۲۰۰۹ نیز حلقه‌ها از دید ما از لبه دیده شدند.



تاریخچه‌ی شناخت ارباب حلقه‌ها

• در سال ۱۶۱۰، گالیلئو گالیله از درون تلسکوپ ابتدایی خود نگاهی به حلقه‌های زحل انداخت. اما آن‌ها را با دو قمر اشتباه گرفت. او این «قمرها» را گوش نامید.



نقاشی‌های گالیله از گوش‌ها

• در سال ۱۶۵۵، کریستین هویگنس ماهیت حلقه‌های زحل را تشخیص داد.

• در سال ۱۶۷۵، جیووانی کاسینی شکاف بین حلقه‌های A و B را (که امروز به نام شکاف کاسینی می‌شناسیم)، کشف کرد.

• در سال ۱۸۳۷، یوهان انکه (۱۸۶۵ - ۱۷۹۱) شکاف انکه را کشف کرد.

• در سال ۱۸۹۵، جیمز کیلر (۱۹۰۸ - ۱۸۵۷) اخترفیزیک‌دان آمریکایی، به کمک طیف‌سنجی ثابت کرد که حلقه‌ها انبوهی از ذرات در حال گردش به دور سیاره‌اند.

• در سال ۱۹۷۹، فضاپیمای پایونیر ۱۱ حلقه‌ی F را کشف کرد.

• در سال‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۸۱، فضاپیماهای ویجر ۱ و ۲ کشف کردند که این حلقه‌ها از هزاران حلقه‌ی کوچک‌تر تشکیل شده‌اند.

• از سال ۲۰۰۴، فضاپیمای کاسینی در مدار زحل در جست‌وجوی پاسخ معماهای بسیاری درباره‌ی این سیاره و حلقه‌های آن است.



پرواز مأموریت کاسینی بر فراز حلقه‌ها

بیش‌تر بدانیم

تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰
اورانوس ۱۵۴، دنباله‌دارها ۱۶۲

قمرهای زحل

خانواده‌ی قمرهای زحل مانند مشتری بسیار بزرگ است. تا امروز، ۶۱ قمر زحل به‌طور قطعی شناخته شده است. ابعاد این قمرها از تیتان، دومین قمر بزرگ منظومه‌ی شمسی، تا پانِ کوچولو که به قطر فقط ۲۰ کیلومتر در شکاف انِکه در حلقه‌ی A به دور زحل می‌گردد، در تغییر است. برخی قمرهای زحل در یک مدار در حرکت‌اند. همه‌ی قمرها چگالی اندکی دارند و دانشمندان بر این باورند که از مخلوطی از سنگ و آب یخ‌زده تشکیل شده‌اند. شاید قمرهای بیش‌تری در اطراف زحل وجود داشته باشد که در آینده کشف شود.

تیتان

سطح تیتان به سبب وجود غباری نارنجی رنگ در جوّ، از دید پنهان است.

کاوش‌گر هویگنس

این کاوش‌گر را سازمان فضایی اروپا (اِسا) ساخت و به نام اخترشناسی که تیتان را کشف کرده بود، نام‌گذاری کرد. کاوش‌گر هویگنس بخشی از مأموریت کاسینی در کاوش زحل بود. این کاوش‌گر در ژانویه‌ی سال ۲۰۰۵ (دی‌ماه ۱۳۸۳) به سوی تیتان، بزرگ‌ترین قمر زحل، رها شد. حدود ۳ هفته‌ی بعد، با چتر نجات از جوّ تیتان عبور کرد و طی فرودی ۲/۵ ساعته بر سطح آن نشست. کاوش‌گر هویگنس به‌گونه‌ای طراحی شده بود که هم بر خشکی و هم در دریاچه‌های روغن‌مانند تیتان فرود بیاید. اما بر بستری نیمه خشک فرودآمد که شاید تا چندی پیش از فرود آن، پُر از متان مایع بود. بیش از یک ساعت پس از فرود نیز کاسینی داده‌های هویگنس را دریافت می‌کرد. حاصل این مأموریت، نخستین نگاه انسان به سطح تیتان و داده‌های بسیار از جوّ این قمر بود که تا سال‌ها بعد در مراکز پژوهشی تحلیل خواهد شد.

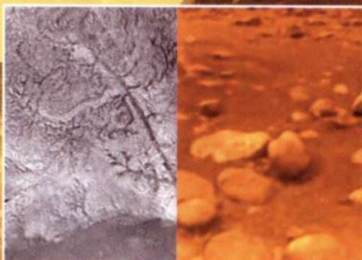
بیش از ۲ ساعت طول کشید تا هویگنس با چتر نجات به سطح تیتان رسید. برخلاف پیش‌بینی برخی دانشمندان، کاوش‌گر در زمینی تقریباً خشک فرود آمد.

زحل، آن‌طور که از تیتان دیده می‌شود.

در تصاویر هویگنس و داده‌های راداری کاسینی، وجود کوه‌ها و تپه‌هایی کم‌ارتفاع (بیش‌تر از جنس یخ‌آب) بر سطح تیتان شناسایی شد. خشکی‌های تیتان با این ناهمواری‌های کوتاه بسیار پُرچین‌وچروک هستند.

شواهد بسیاری در دست است که دریاچه‌های متان و هیدروکربن‌های دیگر در سطح تیتان وجود دارد. به احتمال زیاد، حتی چشمه‌ها و رودهای متان، ابر و نم‌نم باران متان نیز در این قمر وجود دارد.

ابزارهای سوار بر هویگنس از سطح تیتان عکس‌برداری و از جوّ آن نمونه‌برداری کردند.



دو نما از سطح تیتان وقتی هویگنس به زیر غبار پنهان‌کننده‌ی جوّ قمر رسید و وقتی بر سطح تیتان فرود آمد.

تیتان
تیتان، که از سیاره‌ی عطارد هم بزرگ‌تر است، تنها قمر در منظومه‌ی شمسی است که جوّ غلیظی دارد. در حقیقت، فشار جوّی آن ۶۰درصد بیش‌تر از فشار جوّ زمین در سطح دریاست. درست مانند زمین، گاز اصلی در جوّ تیتان هم نیتروژن است. مانند آب در زمین، متان در جوّ و سطح تیتان به صورت گاز، مایع و یخ وجود دارد و چرخه‌ای اقلیمی شبیه زمین به‌وجود می‌آورد. اما تیتان در سرمایی منجمدکننده، در دمای حدود ۱۸۰- درجه‌ی سانتی‌گراد، قرار دارد. در نور مرئی، ابرهای مه‌آلود نارنجی‌رنگ مانع دید ما از سطح تیتان می‌شوند.



انسلادوس
انسلادوس با بازتاب بیش از ۹۰درصد از نور خورشید، سپیدترین جرم منظومه‌ی شمسی است. بخش‌هایی از سطح درخشان و یخ‌زده‌ی این قمر، پُر از دهانه‌های برخوردی است. اما بقیه‌ی قسمت‌ها آن‌قدر صاف و صیقلی است که به‌نظر می‌رسد یخ‌ها بسیار تازه‌اند و مثل گدازه‌هایی که از دل زمین بیرون می‌آیند، از اقیانوس آب احتمالی زیر پوسته‌ی انسلادوس بالا آمده و دهانه‌ها را از بین برده‌اند. شیارهای روی سطح انسلادوس گسل‌هایی روی پوسته‌اند که احتمالاً بر اثر نیروهای کشندی (جزر و مدی) زحل به وجود می‌آیند. تصاویر فضاپیمای کاسینی نشان داد که مانند آتش‌فشان‌های زمینی، در سطح انسلادوس نیز یخ‌فشان‌هایی وجود دارد که ذرات یخ را در سطح قمر و در فضای اطراف پخش می‌کنند.



دیون
دیون، چهارمین قمر بزرگ زحل، سطح متنوعی دارد. این‌ها بخش‌هایی پوشیده از دهانه‌هایی به قطر ۱۰۰ کیلومتر یا بیش‌ترند و برخی بخش‌ها، دهانه‌های کمتری دارند یا زیر لایه‌ای از یخ سفید مانده‌اند که از ترک‌های پوسته‌ی قمر تراوش کرده است. رِئا، قمری کمی بزرگ‌تر، شبیه دیون است.

اپیمِتئوس و ژانوس
ژانوس و اپیمتئوس دو قمر کوچک‌اند که مدارهایشان با ۵۰ کیلومتر فاصله از هم، نزدیک لبه‌ی حلقه‌های زحل قرار دارد. تقریباً هر ۴ سال یک‌بار، قمر درونی‌تر از قمر بیرونی‌تر سبقت می‌گیرد و مدار آن‌دو و دوری و نزدیکی آن‌ها به زحل جابه‌جا می‌شود. شاید اپیمتئوس و ژانوس دو نیمه از یک قمر واحد باشند که دو تکه شده است. این دو قمر همراه با قمر کوچک پاندورا، در مجاورت بیرونی حلقه‌ی باریک F زحل قرار دارند و دو قمر کوچک اطلس و پرومته درون این حلقه هستند. به این قمرها، که گرانش آن‌ها مانند سگ‌های چوپان سبب روی خط ماندن و پخش نشدن «گلّه‌ی» ذرات حلقه‌ی F می‌شود، قمرهای چوپان می‌گویند.

مدار قمرها
برخی قمرهای زحل با مشکل ازدحام جمعیت در مدارها روبه‌رو شده‌اند. هِلِن کوچولو با دیون یک مدار دارد و همواره حدود ۶۰ درجه جلوتر از آن حرکت می‌کند. در حالی که تِتیس در مدار خود با دو قمر کوچک‌تر، یکی جلوتر (تِلِستو) و دیگری عقب‌تر (کالیپو)، شریک است. اطلس درست در لبه‌ی خارجی حلقه‌ی A قرار دارد. یاپتوس، مانند ماه زمین و برخی قمرهای دیگر، در قفل مداری گیر افتاده و مدت گردش آن به دور زحل تقریباً برابر است. در نتیجه، همواره یک نیم‌کره‌ی آن پیش‌روست و تمام ذرات تیره‌ی غبار در مدار را جارو می‌کند. به همین سبب، نیمه‌ی پیش‌رو قمر مثل قیر سیاه و نیمه‌ی پشتی آن مثل برف سفید است. خارجی‌ترین قمر اصلی زحل، فوبه، خُرده‌سیاره‌ای یخی است که به دام گرانش زحل افتاده است و در خلاف جهت حرکت دیگر قمرها حرکت می‌کند.

شناسنامه‌ی قمرهای مهم زحل (به ترتیب فاصله از سیاره)

نام قمر	قطر به کیلومتر	فاصله تا زحل (کیلومتر)	مدار (روز)	تاریخ کشف
پان	۲۰	۱۳۳۵۸۳	۰/۵۷	۱۹۹۰
اطلس	۳۴	۱۳۷۶۴۰	۰/۶۰	۱۹۸۰
پرومته	۱۰۰	۱۳۹۳۵۰	۰/۶۱	۱۹۸۰
پاندورا	۸۸	۱۴۱۷۰۰	۰/۶۳	۱۹۸۰
اپیمِتئوس	۱۱۰	۱۵۱۴۲۲	۰/۶۹	۱۹۶۶
ژانوس	۱۹۱	۱۵۱۴۷۲	۰/۶۹	۱۹۶۶
میماس	۳۹۸	۱۸۵۵۲۰	۰/۹۴	۱۷۸۹
انسلادوس	۴۹۸	۲۳۸۰۲۰	۱/۳۷	۱۷۸۹
تیتس	۱۰۶۰	۲۹۴۶۶۰	۱/۸۹	۱۶۸۴
تِلِستو	۲۵	۲۹۴۶۶۰	۱/۸۹	۱۹۸۰
کالیپو	۱۶	۲۹۴۶۶۰	۱/۸۹	۱۹۸۰
دیون	۱۱۲۰	۳۷۷۴۰۰	۲/۷۴	۱۶۸۴
هِلِن	۳۲	۳۷۷۴۰۰	۲/۷۴	۱۹۸۰
رِئا	۱۵۲۸	۵۲۷۰۴۰	۴/۵۲	۱۶۷۲
تیتان	۵۱۵۰	۱۲۲۱۵۸۰	۱۵/۹۵	۱۶۵۵
هیپریون	۲۸۰	۱۴۸۱۱۰۰	۲۱/۲۸	۱۸۴۸
یاپتوس	۱۴۳۶	۳۵۶۱۳۰۰	۷۹/۳۳	۱۶۷۱
فوبه	۲۲۰	۱۲۹۵۲۰۰۰	۵۵۰/۴۸	۱۸۹۸

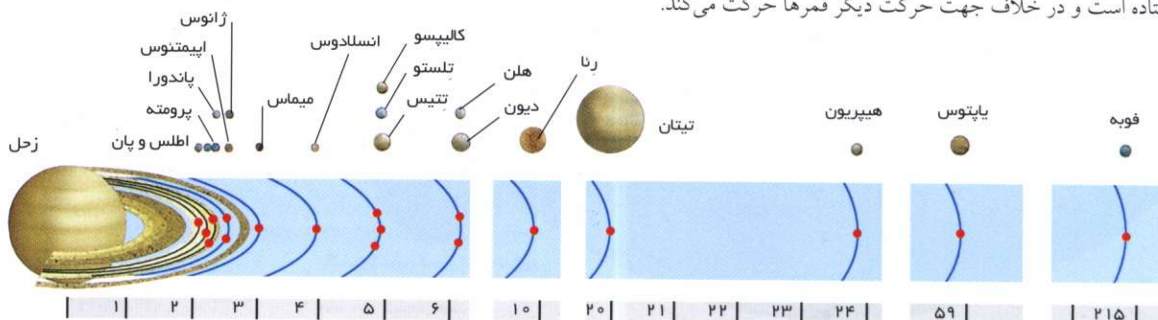
جست‌وجوی قمرهای زحل

- در سال ۱۶۵۵، کریستین هویگنس، تیتان یا بزرگ‌ترین قمر زحل را یافت.
- در سال ۱۶۷۱، جیووانی کاسینی، یاپتوس و در سال ۱۶۷۲ رِئا را کشف کرد.
- کاسینی در سال ۱۶۸۴ تیتس و دیون را یافت.
- در سال ۱۹۴۴، جرارد کوییپر (۱۹۷۳-۱۹۰۵) اخترشناس متولّد دانمارک، جوّ تیتان را کشف کرد.
- در سال ۱۹۶۶، که حلقه‌های زحل از لبه دیده می‌شدند، اخترشناسان ژانوس و اپیمِتئوس را یافتند.
- در سال ۱۹۸۰، ویجر ۱ از کنار زحل گذشت و قمرهای اطلس، پرومته و پاندورا را کشف کرد.
- در سال ۱۹۹۴، تلسکوپ فضایی هابل با استفاده از طول موج‌های فروسرخ، از سطح تیتان نقشه‌برداری کرد.
- از دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی، بیش از ۴۰ قمر جدید در اطراف زحل کشف شده است.
- کاوش‌گر هویگنس در ابتدای سال ۲۰۰۵ بر سطح تیتان فرود آمد.

بیش‌تر بدانیم

جوّ زمین ۱۰۶
سطح ماه ۱۱۴
قمرهای مشتری ۱۴۶

مقیاس به شعاع زحل (۱ شعاع = ۶۰۲۶۸ کیلومتر)



اورانوس

اورانوس نخستین سیاره‌ای است که به کمک تلسکوپ کشف شد. این سیاره را ویلیام هرشل در شب سیزدهم مارس سال ۱۷۸۱ میلادی کشف کرد. با این‌که می‌توان آن را با دوربین دوچشمی یافت، آن‌قدر کم‌فروغ است که به آسانی با چشم غیر مسلح دیده نمی‌شود. اورانوس سومین سیاره‌ی بزرگ منظومه‌ی شمسی است؛ اما چشمگیرترین ویژگی آن، این است که به پهلو خوابیده است. بنابراین، در حین حرکت در مدار خود، ابتدا یک قطب و سپس قطب دیگرش رو به خورشید قرار می‌گیرد. شاید در زمان شکل‌گیری اورانوس، جسمی با آن برخورد کرده باشد. اورانوس ۲۷ قمر شناخته شده و تعدادی حلقه‌ی کم‌فروغ دارد.



اوبرون دومین قمر بزرگ اورانوس است. قطر آن ۱۵۲۳ کیلومتر و دورترین قمر اصلی، در فاصله‌ی ۵۸۲۶۰۰ کیلومتری از سیاره است.



تیتانیا، با قطر ۱۵۷۸ کیلومتر، بزرگ‌ترین قمر اورانوس است و در فاصله‌ی ۴۳۵۸۰۰ کیلومتری آن می‌گردد.

ساختار و ترکیبات

در میان سیاره‌ها، اورانوس کم‌جاذبه‌ترین ظاهر را دارد. این سیاره، مانند مشتری و زحل، پوشیده در ابر است؛ اما ابرهایش در بیش‌تر مدت گردش مداری سیاره، کم‌رنگ‌ورو هستند و فقط چند رگه‌ی درخشان‌تر، مانند آنچه در تصویر فضاپیمای وُیجر ۲ ثبت شده است، دیده می‌شود. اما وقتی اورانوس به نقاط اعتدال بهاری یا پاییزی مدار خود نزدیک می‌شود، استوای سیاره از خورشید نور بیش‌تری می‌گیرد و ابرهای توفان‌زای بسیاری به وجود می‌آید. ابرهای اورانوس از بلور یخ متان تشکیل شده‌اند و به رنگ سبز ـ آبی دیده می‌شوند؛ زیرا گاز متان در جوّ بالایی، مانند صافی (فیلتری) است که دیگر رنگ‌ها را حذف می‌کند.

اورانوس به پهلو خوابیده است و حلقه‌های باریکش از ذراتی به اندازه‌ی حدود یک متر تشکیل شده‌اند.

شکم‌دادگی مختصر در استوا به سبب چرخش سریع به‌وجود آمده است.

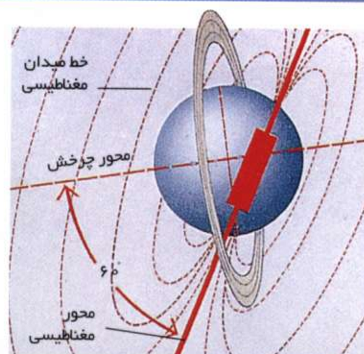
حلقه‌ها

اورانوس ۱۳ حلقه‌ی شناخته شده دارد که دور استوای سیاره قرار دارند (۱۱ حلقه را فضاپیمای ویجر ۲ تأیید کرد و ۲ حلقه نیز در سال ۲۰۰۵ با تلسکوپ فضایی هابل کشف شد). حلقه‌ها و استوا، ایستاده به‌نظر می‌رسند؛ زیرا اورانوس به پهلو کج است. دیدن این حلقه‌ها، که بسیار تیره‌اند، از روی زمین مشکل است. دو قمر کوچک، کوردلیا و اوفلیا، در دو سوی خارجی‌ترین حلقه از مجموعه حلقه‌های درونی (حلقه‌ی اِپسیلون) حرکت و قطعات حلقه را در جای خود هدایت می‌کنند. به این قمرها، قمرهای چوپان می‌گویند.

تصویر ویجر از حلقه‌ها

شناسنامه	
قطر	۵۱۱۱۸ کیلومتر
فاصله‌ی متوسط از خورشید	۲/۸۷۱ میلیارد کیلومتر
سرعت مداری به دور خورشید	۶/۸۲ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور خورشید)	۸۴/۰۲ سال
از یک طلوع خورشید تا طلوع بعدی	۱۷/۲۴ ساعت
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	۱۷/۲۴ ساعت
جرم (زمین = ۱)	۱۴/۵
حجم (زمین = ۱)	۶۳/۱
چگالی متوسط (آب = ۱)	۱/۳۲
گرانش در سطح ابرها (زمین = ۱)	۰/۸۹
تمایل محوری (از حالت عمود بر صفحه‌ی مداری)	۹۷/۸ درجه
انحراف مداری (از دایرة‌البروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۰/۸ درجه
دما در سطح ابرها	۱۹۷ – درجه‌ی سانتی‌گراد
تعداد قمرهای شناخته شده	۲۷

پاک بزرگ‌ترین قمری است که ویجر ۲ کشف کرد. اما قطر این قمر کوچک فقط ۱۵۰ کیلومتر است.



میدان مغناطیسی

میدان مغناطیسی اورانوس ۵۰ بار قوی‌تر از میدان زمین است. البته میدان مغناطیسی آن، نسبت به محور چرخش سیاره (محور جغرافیایی)، ۶۰ درجه انحراف دارد و مثل این است که قطب شمال مغناطیسی زمین در کشور مراکش باشد! از این هم عجیب‌تر این که مغناطیس، به جای هسته، در لایه‌ی گوشته‌ی سیاره تولید می‌شود.





میراندا

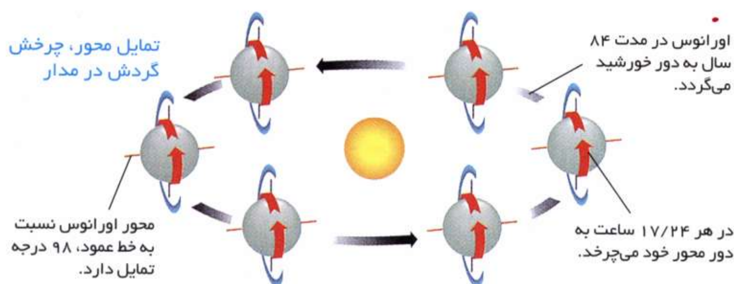
میراندا، به قطر ۴۷۰ کیلومتر، کوچک‌ترین قمر در میان ۵ قمر اصلی اورانوس است و سطحی آشفته و پُرچین‌وچروک با یک علامت تیک درخشان و چند شیار دارد. جزئیات سطح آن در تصویر نشان داده شده است. یک نظریه این است که میراندا از هم پاشیده شده و دوباره به هم جوش خورده است.

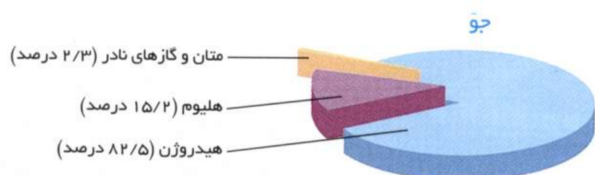
قمرهای اورانوس

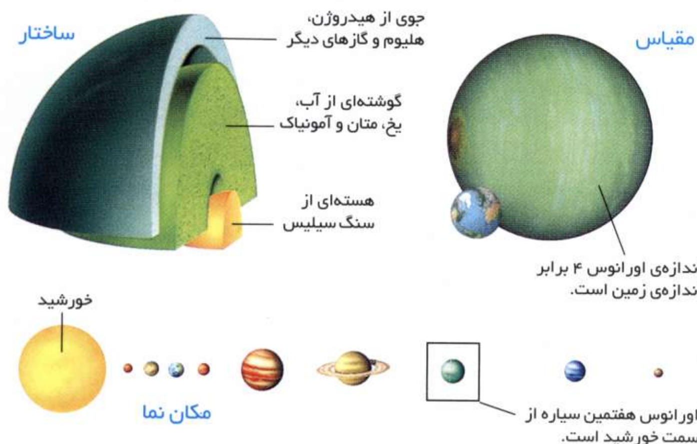
از میان ۲۷ قمر شناخته‌شده‌ی اورانوس، ۱۰ قمر را فضاپیمای ویجر ۲ در سال ۱۹۸۶ میلادی کشف کرد. نام قمرها به افتخار شخصیت‌های نوشته‌های ویلیام شکسپیر و الکساندر پوپ انتخاب شده‌اند. بزرگ‌ترین قمر، تیتانیا، از نصف اندازه‌ی قمر زمین، ماه، کوچک‌تر است. قمرهای دورتر از اقماری که در تصویر نشان داده شده‌اند، از سال ۱۹۹۷ تا به حال به کمک تلسکوپ‌های زمینی و فضایی، مانند تلسکوپ فضایی هابل، کشف شده‌اند. آن‌ها ده‌ها بار دورتر از اوبرون قرار دارند و در جهت مخالف سایر قمرها به دوره سیاره‌ی خود می‌گردند. به نظر می‌رسد که این قمرهای کوچک و دوردست خُرده‌سیاره‌های سرگردانی در فضا بودند که به دام گرانش اورانوس افتادند.

اورانوس در یک نگاه

فصل‌های اورانوس، به سبب انحراف شدید محور آن، به‌طور شگفتی طولانی هستند. وقتی سیاره مدار ۸۴ ساله‌ی خود را به دور خورشید طی می‌کند، هر قطب آن ۴۲ سالِ متمادی در معرض نور خورشید و سپس ۴۲ سالِ پیاپی در تاریکی شب قرار می‌گیرد.

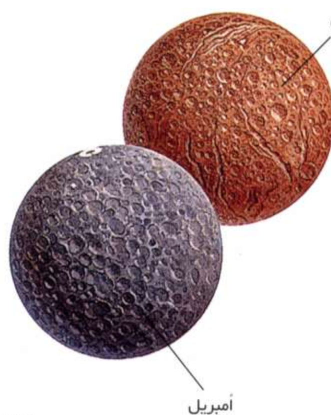






آریل و امبریل

این دو قمر هم‌اندازه (به قطر حدود ۱۱۶۰ کیلومتر)، ظاهری بسیار متفاوت دارند. در میان قمرهای اصلی، آریل درخشان‌ترین و اومبریل تیره‌ترین است. آن‌چه روی سطح آریل به‌چشم می‌آید، دره‌هایی است که به سبب ترک خوردن پوسته‌ی آن به وجود آمده‌اند.

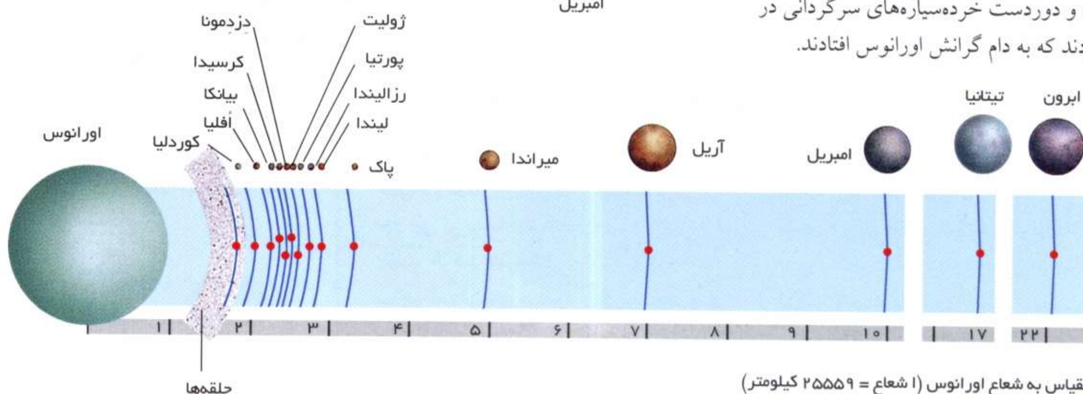


کشف اورانوس

- در سال ۱۸۷۱، ویلیام هرشل، در حالی که از شهر بات در انگلستان با تلسکوپ دست‌ساز خود آسمان را رصد می‌کرد، اورانوس را کشف کرد.
- حلقه‌های آن، در سال ۱۹۷۷ که سیاره از مقابل ستاره‌ای عبور می‌کرد، کشف شد.
- در سال ۱۹۸۶، فضاپیمای ویجر ۲ از کنار اورانوس گذشت و ۱۰ قمر جدید در اطراف آن کشف کرد.

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴
اورانوس ۱۵۴
نپتون ۱۵۶



مقیاس به شعاع اورانوس (۱ شعاع = ۲۵۵۵۹ کیلومتر)

نپتون

دورترین سیاره‌ی اصلی منظومه‌ی شمسی و یکی از چهار سیاره‌ی غول‌پیکر گازی است. نپتون در مقایسه با زمین، ۳۰ بار دورتر از خورشید است. این سیاره را اخترشناس آلمانی، یوهان گاله، در سال ۱۸۴۶ یافت. اما وجود آن پیش‌تر، بر اساس این حقیقت که نیروی گرانش جسمی دورتر، اورانوس را در مدارش جابه‌جا می‌کرد، پیش‌بینی شده بود. جان کوچ آدافر، ریاضی‌دان انگلیسی و اوربن لووریه، ریاضی‌دان فرانسوی، مستقل از هم مکان این جسم را محاسبه کردند. دور این سیاره ۱۳ قمر و تعدادی حلقه‌ی کم‌فروغ شناخته شده است. نپتون با تلسکوپ‌های کوچک و دوربین دوچشمی، نقطه‌ای کم‌فروغ دیده می‌شود و از بسیاری جهات شبیه اورانوس است.



جوّ

در ارتفاعات جوّ نپتون، از اورانوس گاز متان بیش‌تری وجود دارد و همین موجب می‌شود ابرهای نپتون آبی‌تر دیده شوند. بیش‌تر گاز جوّ نپتون هیدروژن و هلیوم است. ابرهای آن بیش‌تر وقت‌ها از ابرهای اورانوس توفان‌زاتر هستند؛ زیرا درون این سیاره گرم‌تر است و گازها را بلند می‌کند تا ابرهای سفید و تیره‌ای را شکل دهد که پیدا و پنهان می‌شوند.



لکه‌ی تیره‌ی بزرگ

در سال ۱۹۸۹، وُیجر ۲ ابر بیضی شکل عظیمی، حدود اندازه‌ی زمین، کشف کرد. اما این ابر در سال ۱۹۹۴، که تلسکوپ فضایی هابل به نپتون خیره شد، از بین رفته بود. دور این ابر را، که هر ۱۶ روز در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت به دور خود می‌چرخد، ابرهای مرتفع‌تر و درخشان‌تر متان فراگرفته‌اند.

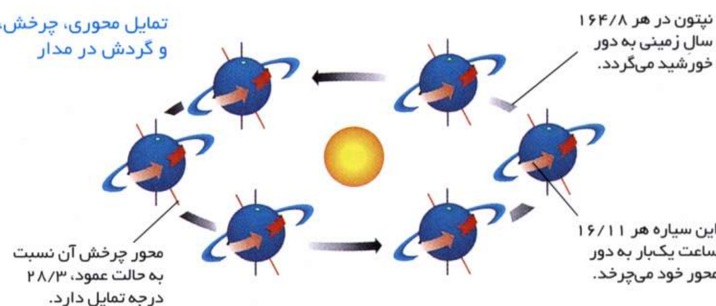


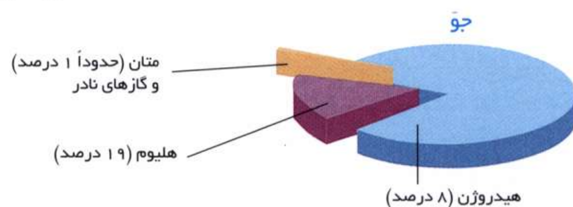
اسکوتر

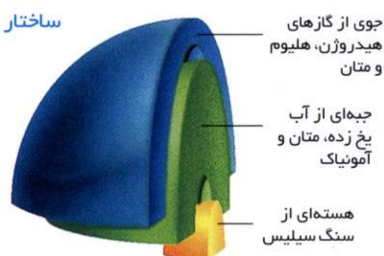
ویجر ۲ از عارضه‌ی درخشانی در نیم‌کره‌ی جنوبی نپتون عکس گرفت. به‌نظر می‌رسید که این عارضه بسیار سریع‌تر از لکه‌ی تیره‌ی بزرگ، دور سیاره در حال حرکت است. به این سبب، نام این توفان بادپا را اسکوتِر گذاشتند. این عارضه، که از رشته‌رشته‌های درخشان ابر تشکیل شده بود، هر روز تغییر شکل می‌داد.

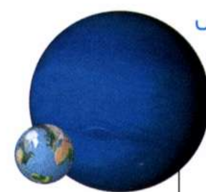
نپتون در یک نگاه

نپتون از نظر اندازه، دوره‌ی تناوب چرخش و ساختار درونی، شبیه اورانوس است. البته ابرهای نپتون فعالیت بیش‌تری دارند و محور آن نیز به اندازه‌ی اورانوس تمایل ندارد.











شناسنامه	
قطر	۴۹۵۳۲ کیلومتر
فاصله‌ی متوسط از خورشید	۴/۴۹۸ میلیارد کیلومتر
سرعت مداری به دور خورشید	۵/۴۸ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور خورشید)	۱۶۴/۷۹ سال
از یک طلوع خورشید تا طلوع بعدی	۱۶/۱۱ ساعت
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	۱۶/۱۱ ساعت
جرم (زمین = ۱)	۱۷/۲
حجم (زمین = ۱)	۵۷/۷۴
چگالی متوسط (آب = ۱)	۱/۶۴
گرانش بر فراز ابرها (زمین = ۱)	۱/۱۳
تمایل محوری (از حالت عمود بر صفحه‌ی مداری)	۲۸/۳ درجه
انحراف مداری (از دایرة‌البروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۱/۸ درجه
دما بر فراز ابرها	۲۰۰- درجه‌ی سانتی‌گراد
تعداد قمرهای شناخته شده	۱۳



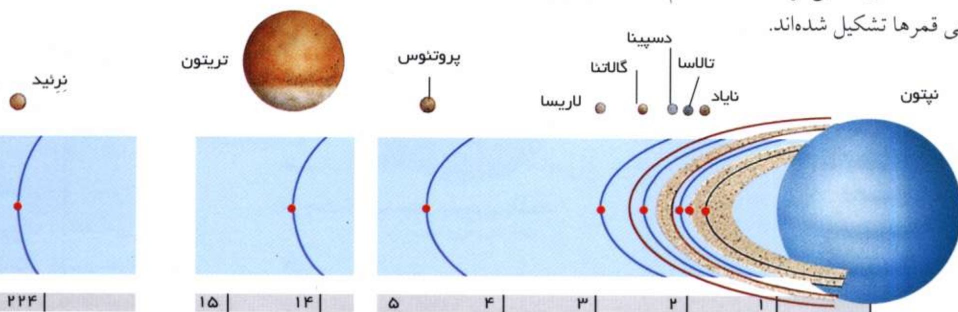
ابرها

در تصاویر ویجر ۲، رشته‌رشته‌های درخشان ابر، شبیه ابرهای سیروس جوّ زمین، اما از متان، ثبت شدند. این نوارهای ابر به طول هزاران کیلومتر، بر لایه‌ی اصلی ابرها، که ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر پایین‌تر است، سایه می‌اندازد.

قمرها

در سال ۱۹۸۹، فضاپیمای ویجر ۲ شش قمر نپتون را کشف کرد. تریتون (که در مقایسه با دیگر قمرها در خلاف جهت به دور سیاره می‌گردد) و نِرِئید نخستین بار از روی زمین دیده و کشف شدند. چهار قمری که به سیاره نزدیک‌ترند، در میان حلقه‌های آن می‌گردند. حلقه‌ها هم احتمالاً از غبار سطحی قمرها تشکیل شده‌اند.

رنگ آبی به سبب وجود متان در جوّ سیاره است.



مقیاس به شعاع نپتون (۱ شعاع = ۲۴۷۶۶ کیلومتر)



بادهای توفندی

با وجود بادهایی که از شرق به غرب با سرعت حدود ۲هزار کیلومتر بر ساعت می‌وزد (این سرعت در نزدیکی لکه‌ی تیره‌ی بزرگ اندازه‌گیری شده)، نپتون بادخیزترین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی است.

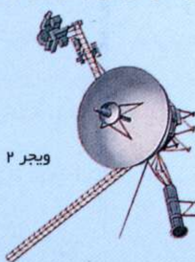
نماهایی از نپتون

• یوهان گاله، اخترشناس آلمانی، نپتون را در سال ۱۸۴۶ بر اساس محاسبه‌ی لووریه فرانسوی پیدا کرد. در همان سال، ویلیام لاسِل (۱۸۸۰ - ۱۷۹۹) در انگلستان تریتون را کشف کرد.

• جرارد کویپر (۱۹۷۳ - ۱۹۰۵)، اخترشناس آمریکایی متولّد دانمارک، نِرِئید، خارجی‌ترین قمر نپتون را در سال ۱۹۹۴ کشف کرد.

• در سال ۱۹۸۴، در ستاره‌ای که پشت نپتون پنهان شده بود، نشانه‌هایی از حلقه‌ی این سیاره از زمین رصد شد.

• در سال ۱۹۸۹، ویجر ۲ از کنار نپتون گذشت و نخستین نمای خوب از ابرها، حلقه‌ها و قمرهای آن به زمین ارسال کرد.



بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴، جوّ مشتری ۱۴۴
زحل ۱۴۸، اورانوس ۱۵۴

قطر تریتون ۲۷۰۶ کیلومتر است.

کلاهک یخی قطبی جنوب (تریتون)

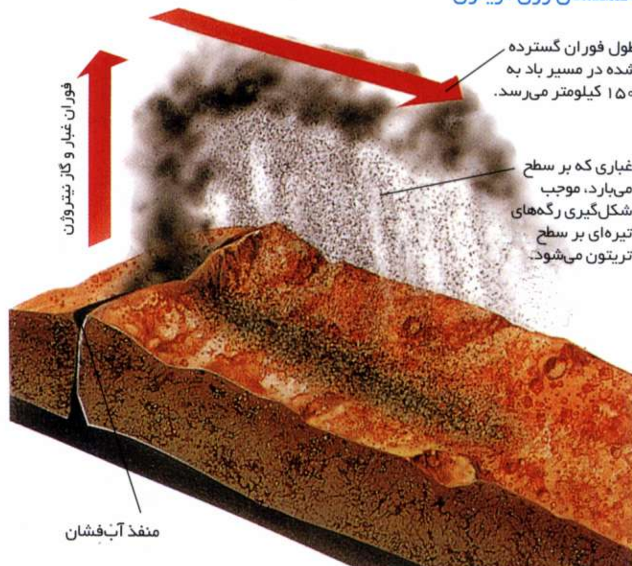
تریتون

تریتون، بزرگ‌ترین قمر نپتون، از سیاره‌ی کوتوله بزرگ‌تر است. احتمالاً تریتون زمانی در کمربند خُرده‌سیاره‌های کویپر، جسمی مجزا بوده که به دام گرانش نپتون افتاده است. به همین سبب، در مسیری برعکس، دور این سیاره می‌گردد. تریتون با دمای ۲۳۵- درجه‌ی سانتی‌گراد، سردترین سطح در منظومه‌ی شمسی است که با نیتروژن و متان یخزده پوشیده شده است. تریتون در فاصله‌ی تقریباً برابر زمین از ماه به دور نپتون می‌گردد؛ اما فاصله‌ی آن به مرور در حال کاهش است و پیش‌بینی می‌شود صدها میلیون سال بعد، آن‌قدر نزدیک شود که نیروی گرانش نپتون آن را کاملاً از هم بپاشد و حلقه‌ای عظیم از ذرات در اطراف نپتون شکل بگیرد.

«آتش‌فشان»هایی از یخ

رگه‌های تیره‌ی روی تریتون، که در تصاویر ویجر ۲ ثبت شده‌اند، به سبب فوران آب‌فشان ـ مانند گاز نیتروژن از زیر سطح آن است. گاز و غبار ریز و تیره تا ۸ کیلومتر بر فراز سطح تریتون فوران می‌کند و سپس در مسیر بادها تا ۱۵۰ کیلومتر در جوّ رقیق تریتون پراکنده می‌شود.

آتشفشان روی تریتون



پلوتون

پلوتون، تا پیش از آخرین نشست انجمن بین‌المللی نجوم در سال ۲۰۰۶، آخرین و کوچک‌ترین سیاره‌ی منظومه‌ی شمسی بود. اما بر اساس رأی‌گیری انجام شده در آن نشست، پلوتون از رده‌ی سیاره‌های اصلی خارج و وارد رده‌ی «سیاره‌های کوتوله» شد. به‌جز پلوتون، سیارک‌های سِرِس (بزرگ‌ترین جرم در کمربند سیارک‌ها) و اِریس (بزرگ‌ترین جرم در کمربند کوییپر) هم در این دسته جای گرفتند. پلوتون را کلاید تومبا، اخترشناس آمریکایی، در سال ۱۹۳۰ کشف کرد. مدار پلوتون بیضی بسیار کشیده‌ای است؛ در حقیقت، یکی از تفاوت‌های مهم آن با سیاره‌های اصلی منظومه‌ی شمسی، کشیدگی بسیار زیاد مدارش است. سال‌هاست که این بحث بین اخترشناسان جریان دارد که آیا می‌توان پلوتون کوچک و غیرعادی را جزو سیاره‌ها محسوب کرد یا باید آن را جزیی از گروه خُرده‌سیاره‌های کمربند کوییپر، ورای مدار نپتون، دانست. سرانجام تصمیم بر این شد که رده‌ی جدیدی از اجرام به نام سیاره‌های کوتوله ایجاد شود.

بر سطح پلوتون دهانه‌های برخوردی هم وجود دارد.

با نزدیک شدن پلوتون به خورشید، جوّ رقیقی دور آن شکل می‌گیرد.

سطح کارن پوشیده از یخ‌آب و پُر از دهانه‌های برخوردی است.

ساختار پلوتون

قطر پلوتون ۲۲۷۴ کیلومتر و حتی از ماه زمین و بسیاری از قمرهای سیاره‌های دیگر هم کوچک‌تر است. در تصاویر تلسکوپ فضایی هابل، بر سطح تیره‌ی آن فقط نقاط درخشانی دیده می‌شود که به‌ظاهر تکه‌های یخ هستند. شاید هم دهانه‌هایی، حاصل از برخورد جرم‌های کوچک‌تر بر سطح پلوتون باشند.

کارن

کارُن، که در سال ۱۹۷۸ کشف شد، قطری حدود ۱۱۵۰ کیلومتر دارد. چگالی آن کمتر از پلوتون است؛ پس احتمالاً بیش‌تر یخ و کمتر سنگ دارد. بنا بر یکی از نظریه‌ها، این قمر بر اثر تصادم جرمی دیگر با پلوتون، از یخ‌های جدا شده از پلوتون شکل گرفته است.



تصویر گرفته شده در ۲۳ ژانویه ۱۹۳۰

جست‌وجو به دنبال یک سیاره

در این دو تصویر، که به فاصله‌ی ۶ روز از هم گرفته شده است، پلوتون مانند نقطه‌ی کوچکی دیده می‌شود. کلاید تومبا در فوریه‌ی سال ۱۹۳۰، از رصدخانه‌ی لاوِل در آریزونای ایالات متحده، پلوتون را کشف کرد. او آسمان را به دنبال سیاره‌های بیش‌تری جست‌وجو کرد؛ اما چیزی نیافت.



تصویر گرفته شده در ۲۹ ژانویه ۱۹۳۰

مدار بیضوی و کج پلوتون

مدار اورانوس

مدار نپتون

در مقایسه با سیاره‌های اصلی، مدار پلوتون زاویه‌ی بیش‌تری دارد.

در سال ۱۹۷۹، که پلوتون در مدار خود از نپتون جلو افتاد، مدتی عنوان «دورترین سیاره» را از دست داد.

مدار غیرعادی

مدار پلوتون آن‌قدر بیضی است که فاصله‌ی آن از خورشید بین ۴/۴۵ تا ۷/۳۸ میلیارد کیلومتر تغییر می‌کند. در هر مدار ۲۴۸ ساله، پلوتون حدود ۲۰ سال از نپتون به خورشید نزدیک‌تر می‌شود (بین سال‌های ۱۹۷۹ تا ۱۹۹۹ چنین بود)؛ البته احتمال برخورد بین آن‌دو وجود ندارد. صفحه‌ی مداری پلوتون، به صفحه‌ی مداری زمین (دایرةالبروج) ۱۷ درجه تمایل دارد که از همه‌ی سیاره‌های اصلی منظومه‌ی شمسی بیش‌تر است.

دوردست و یخ‌زده

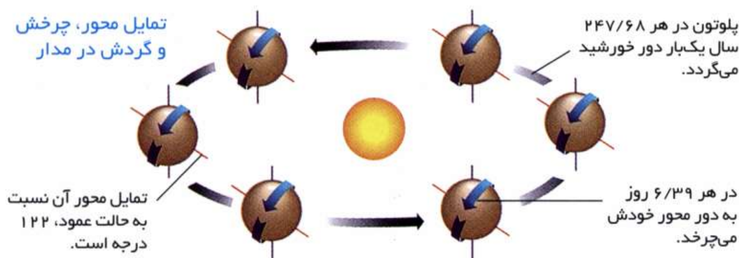
از فاصله‌ی بسیار دوردست پلوتون، خورشید هزار بار کم‌فروغ‌تر از زمین دیده می‌شود؛ اما هم‌چنان بسیار درخشان‌تر از ستاره‌هاست. دمای پلوتون حدود ۲۲۰- درجه‌ی سانتی‌گراد است؛ اما وقتی به خورشید نزدیک می‌شود، سطحش به اندازه‌ی کافی گرم می‌شود که بخشی از یخ آن به بخار تبدیل شود و جوّ رقیقی دور سیاره ایجاد کند. وقتی پلوتون دوباره از خورشید دور می‌شود، گازها یخ می‌زنند و لایه‌ی جدیدی از یخ، بر سطح آن شکل می‌گیرد. این یخ‌ها بیش‌تر از جنس نیتروژن هستند؛ اما یخ متان و دی‌اکسید کربن نیز وجود دارد.

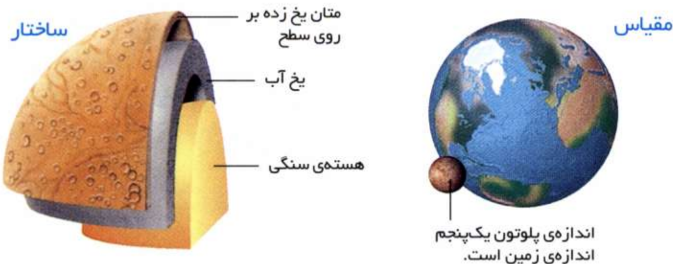
طرح خیالی از نمای خورشید از سطح پلوتون

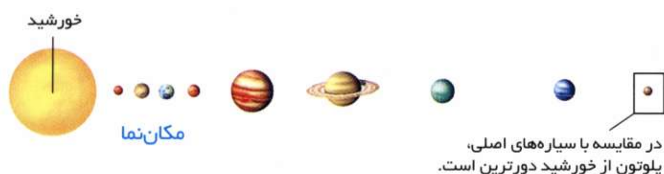
خورشید

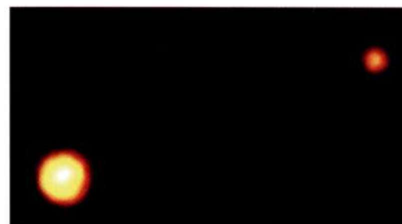
پلوتون در یک نگاه

پلوتون گوی کوچکی از یخ و سنگ و بسیار کوچک‌تر از زمین است. تمایل محور آن بیش‌تر از اورانوس است. معتبرترین نظریه درباره‌ی آن این است که برخوردی با آن، بخش عظیمی از پوسته‌ی یخی را به فضا پرتاب کرده که سازنده‌ی کارن شده است.









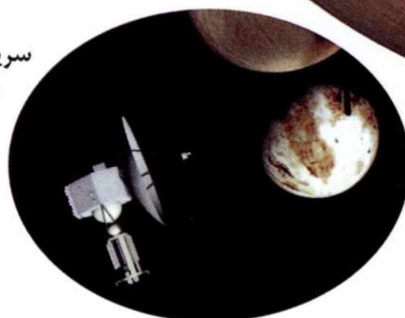
سطح پلوتون پوشیده از نیتروژن و متان یخ‌زده است.

دنیای دوتایی

پلوتون و قمر آن، کارِن، در این تصویر تلسکوپ فضایی هابل دیده می‌شوند. قطر کارن بیش از نصف قطر پلوتون است. در مقایسه‌ی بین نسبت سیاره‌ها و قمرهای آن‌ها، نسبت کارن و پلوتون از همه بزرگ‌تر است. این دو جرم آن‌قدر از نظر اندازه به هم شبیه هستند که گاهی آن‌ها را «سیاره‌ی دوتایی» می‌خوانند. در سال ۲۰۰۵، تلسکوپ فضایی هابل دو قمر کوچک نیز در اطراف پلوتون شناسایی کرد. این سیاره‌ی کوتوله‌ی اعجاب‌انگیز، منظومه‌ای از دست کم سه قمر دارد.

سریع‌السیر پلوتون

تا به حال هیچ فضاپیمایی به پلوتون نرفته است. فضاپیمای افق‌های نو (نیو هورایزنز)، که در سال ۲۰۰۶ با بیش‌ترین سرعت اولیه پرتاب شد، نخستین پیک انسان به سوی این سیاره‌ی کوتوله است. این فضاپیما در ابتدای سال ۲۰۰۷ با عبور از کنار مشتری، سرعت بیش‌تری گرفت تا در سال ۲۰۱۵ به پلوتون و قمر آن، کارن، برسد. این فضاپیما پس از عبور از کنار آن دو احتمالاً به بررسی جرم‌های دیگری در کمربند کویی‌پر خواهد پرداخت.



شناسنامه	
قطر	۲۳۰۲ کیلومتر
فاصله‌ی متوسط از خورشید	۵/۹ میلیارد کیلومتر
سرعت مدار به دور خورشید	۴/۷۵ کیلومتر بر ثانیه
دوره‌ی انتقالی (گردش به دور خورشید)	۲۴۷/۹ سال
از یک طلوع خورشید تا طلوع بعدی	۶/۳۹ روز
دوره‌ی وضعی (چرخش به دور خود)	۶/۳۹ روز
جرم (زمین = ۱)	۰/۰۰۲
حجم (زمین = ۱)	۰/۰۰۶
چگالی متوسط (آب = ۱)	۲/۰۵
گرانش سطحی (زمین = ۱)	۰/۰۶۷
تمایل محوری (از حالت عمود بر صفحه‌ی مداری)	۱۲۲/۶ درجه
انحراف مداری (از دایرة‌البروج یا صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی)	۱۷/۱ درجه
دمای سطحی	۲۲۳- درجه‌ی سانتی‌گراد
تعداد قمرهای شناخته شده	۳

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴، تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰، سیارک‌ها ۱۶۶
کاوش‌گرهایی به سوی سیاره‌ها ۹۶، اعضای خُرد ۱۶۰، برخوردها ۱۷۰



مدارهای هماهنگ

پلوتون و کارن در قفل مداری کامل‌اند؛ یعنی حین گردش در مدارهای خود، همواره یک رویشان به سوی هم است؛ بنابراین، اگر بر یک سوی پلوتون بایستید، همواره کارن را میخ‌کوب بر نقطه‌ای از آسمان می‌بینید. در حالی که شخص دیگری در سوی دیگر پلوتون، کارن را نمی‌بیند. زیرا در همان مدتی که کارن دور پلوتون می‌گردد، هریک از آن دو نیز یک‌بار دور خود می‌چرخند. کارن در فاصله‌ی ۱۹۴۰۰ کیلومتری از پلوتون در هر ۶ روز و ۹ ساعت دور آن می‌گردد.

اعضای خُرد

تقریباً همه‌ی جرم منظومه‌ی شمسی در خورشید، سیاره‌ها و قمرهای آن‌ها متمرکز است. بقیه یا کسر کوچکی از مواد، در میان تعداد بسیاری از جرم‌های کوچک پراکنده‌اند. این‌ها اعضای خُرد منظومه‌ی شمسی هستند و تکه‌های سنگ یا ترکیبی از سنگ، یخ، غبار و برف‌اند. خُرده‌سیاره‌های سنگی یا سیارک‌ها، در قلمرو سیاره‌ای منظومه قرار دارند. جرم‌های ساخته شده از یخ و غبار، دنباله‌دارها و ابر اورت را در لبه‌ی خارجی منظومه می‌سازند. در این میان، خُرده‌سیاره‌های کمربند کویی‌پر قرار دارند که در اواخر قرن بیستم کشف شدند و اغلب آن‌ها درست در ورای مدار نپتون‌اند.

ابر اورت شامل میلیون‌ها میلیون هسته‌ی دنباله‌دار است. آن‌ها از زمان پیدایش منظومه‌ی شمسی، یعنی ۴/۶ میلیارد سال پیش، آن‌جا بوده‌اند. قطر این ابر ۱/۶ سال نوری (۱۵ میلیون میلیون کیلومتر) است.

برای دنباله‌داری در لبه‌های خارجی ابر اورت، ۱۰ میلیون سال طول می‌کشد تا دور خورشید بگردد. توده‌ی دنباله‌دارها پس از ابر اورت وجود ندارد. زیرا نیروی گرانش خورشید در آن‌جا دیگر آن‌قدر قوی نیست و ممکن است ستاره‌ی گذرنده، هسته‌ی دنباله‌دار را به سوی خود بکشد و آن را از حیطه‌ی تسلط خورشید خارج کند.

مجموع جرم تمام دنباله‌دارهای درون ابر اورت، برابر با حدود سه سیاره‌ی زمین است.

ابر اورت تا یک‌پنجم مسیر به سوی نزدیک‌ترین ستاره گسترده شده است.

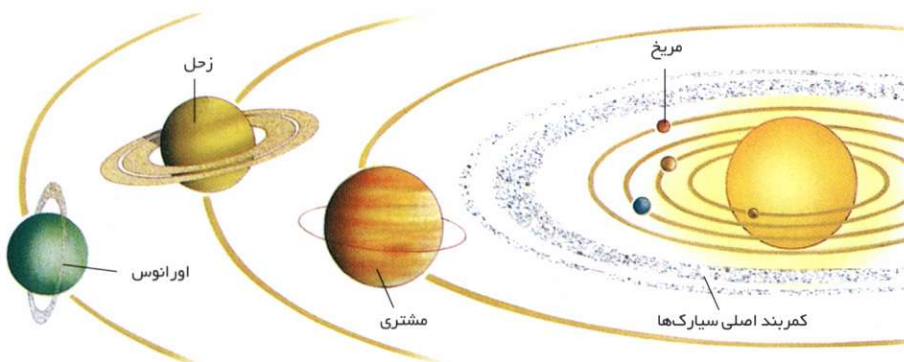
نواحی خارجی منظومه‌ی شمسی

ابر اورت، که به نام یان اورت اخترشناس دانمارکی نام‌گذاری شده است، در فاصله‌ی بیش از هزار بار دورتر از پلوتون، لبه‌ی خارجی منظومه‌ی شمسی را مشخص می‌کند. این ابر کروی، به شعاع ۰/۸ سال نوری، از هسته‌های دنباله‌دار تشکیل شده و ناحیه‌ی سیاره‌ای منظومه را فرا گرفته است. میان این ابر و سیاره‌ها، کمربندی از اجرام دنباله‌دارمانند، دور خورشید در گردش است. آن را به این سبب کمربند کویی‌پر می‌نامند که به نام جرارد کویی‌پر (۱۹۷۳ ـ ۱۹۰۵) نام‌گذاری شده است.


تصویرسازی هنرمندی از خرده سیاره‌ای در کمربند کویی‌پر

کمربند کویی‌پر

دانشمندان بر این باورند که دست کم ۷۰هزار خُرده‌سیاره‌ی یخی با قطرهایی بیش از ۱۰۰ کیلومتر در کمربند کویی‌پر وجود دارد. این منطقه، از مدار نپتون تا نواحی خارجی‌تر منظومه‌ی شمسی گسترده شده است و پلوتون در ناحیه‌ی اصلی آن قرار می‌گیرد. با ابزارهای فعلی از روی زمین، فقط می‌توان جرم‌هایی را دید که نزدیک به لبه‌ی داخلی‌تر کمربند قرار گرفته باشند. بیش از هزار جرم کمربند کویی‌پر تا به حال شناخته شده است که بزرگ‌ترین آن‌ها اِریس به قطر ۲۴۰۰ کیلومتر است؛ اما هیچ‌یک را از نزدیک ندیده‌ایم. دانشمندان بر این باورند که آن‌ها اجسامی دنباله‌دارمانندند.



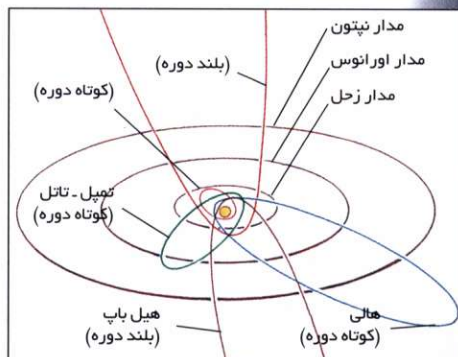
نواحی داخلی منظومه‌ی شمسی

بیش‌تر اعضای خُرد بخش سیاره‌ای منظومه‌ی شمسی، سیارک‌ها هستند. بیش‌تر این سیارک‌ها در کمربندی میان مریخ و مشتری، دور خورشید می‌گردند. بقیه، مانند گروه قنطورها، دنباله‌دارمانند و دورتر از این منطقه دور خورشید می‌گردند. اعضای خُرد نواحی خارجی‌تر منظومه‌ی شمسی نیز از میان نواحی سیاره‌ای می‌گذرند. این اعضا در مدارهایی بسیار کشیده قرار دارند که آن‌ها را از اَبر اورت و کمربند کویی‌پر تا نزدیکی خورشید می‌رساند و بازمی‌گرداند.

جست‌وجوی اعضای خُرد



اخترشناسان حرفه‌ای از قدرت‌مندترین تلسکوپ‌های جهان برای جست‌وجوی اعضای خُرد دوردست استفاده می‌کنند. آن‌ها با استفاده از آشکارسازهای حسّاس الکترونیک، یعنی CCDها که قادرند نور کم‌فروغ اجسام کمربند کویی‌پر را آشکار کنند، تصاویری با عمق بسیار از آسمان تهیه می‌کنند. سپس تصاویری را که در زمان‌های متفاوت گرفته‌اند، به این امید با هم مقایسه می‌کنند که با تشخیص حرکت جزئی اعضای خُرد در زمینه‌ی پُرستاره‌ی تصویر، آن‌ها را بیابند.



روبوت‌های دنباله‌داریاب

در طرح‌هایی مانند لی‌ینیر و نیت، از تلسکوپ‌های روبوتی برای کاوش آسمان به دنبال خرده‌سیاره‌های جدید استفاده می‌کنند. این طرح رقیبان جدی منجمان آماتور در کشف دنباله‌دارهای جدید است. تلسکوپ‌های این طرح، که از فاصله‌ی دور هدایت می‌شوند، در هر شب صاف و تاریک بخش‌هایی از آسمان را به دنبال جرم‌های کم‌نور متحرک در زمینه‌ی ستاره‌ها پیمایش می‌کنند.

دنباله‌دارهای دوره‌ای

دنباله‌دارها را زمانی می‌توان دید که خاستگاه دوردست خود را ترک و به نزدیکی خورشید سفر کنند. برخی از این‌ها، که دنباله‌دار دوره‌ای نامیده می‌شوند، مدارهایی دارند که گاه به طور منظم آن‌ها را به نزدیک خورشید می‌آورد. حدود ۵۰۰ دنباله‌دار دوره‌ای شناخته شده، دنباله‌دار کوتاه‌دوره‌اند که در مدتی کمتر از ۲۰۰ سال دور خورشید می‌گردند و بیش‌تر آن‌ها از کمربند کویی‌پر می‌آیند. اما خاستگاه دنباله‌دارهای بلنددوره، که بازگشت آن‌ها قطعی نیست، ابر اورت است. ممکن است هزاران سال طول بکشد تا دنباله‌دارهای بلنددوره به نزدیکی خورشید بازگردند.

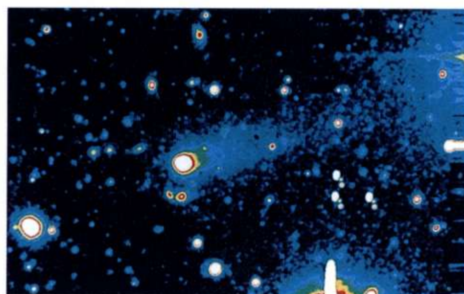
کمربند کویی پر

اکتشاف خُرده‌سیاره‌ها

- نخستین سیارک در سال ۱۸۰۱ کشف شد. یک قرن بعد، حدود ۵۰۰ سیارک دیگر کشف شد. اما هنوز کسی نمی‌دانست که آن‌ها از چه ساخته شده‌اند.
- تا سال ۱۹۱۰، یعنی حدود صد سال پیش، مردم از بازگشت دنباله‌دار هالی می‌ترسیدند. آن‌ها قرص‌های ضدّدنباله‌دار می‌خوردند و برخی آرزو می‌کردند به مکان امن‌تری، مثلا ماه، بروند!
- در سال ۱۹۸۶، فضاپیمای جیوتو نخستین تصویر نمای نزدیک از مرکز یک دنباله‌دار و هسته‌ی برفی آن به زمین ارسال کرد.
- اخترشناسان هم‌چنان در جست‌وجوی اعضای خُرد جدیدند. به‌خصوص به دنبال جرم‌های جدیدی در کمربند کویی‌پر و سیارک‌های نزدیک زمین می‌گردند.
- سه مأموریت فضایی در آینده‌ی نزدیک به کاوش جرم‌های کمربند سیارک‌ها، سطح یک دنباله‌دار و جرم‌های کمربند کویی‌پر می‌پردازند.

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴، شهاب‌ها ۱۶۴
تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰
سیارک‌ها ۱۶۶، دنباله‌دارها ۱۶۲



نپتون

پلوتون

قِنطورها

گروهی از اعضای خُرد، به نام قِنطورها، در مداری بین مشتری و نپتون دور خورشید می‌گردند. اخترشناسان بر این باورند که فقط چند میلیون سال است که این جرم‌ها در این مدارند. شاید آن‌ها جرم‌های کمربند کویی‌پر بودند که در راه خود به سوی نواحی داخلی‌تر منظومه، به دنباله‌دارهای کوتاه‌دوره تبدیل شدند. نخستین نمونه‌ی شناخته‌شده‌ی این جرم‌ها، کایرون است که در سال ۱۹۷۷ کشف شد.

دنباله‌دارها

در منظومه‌ی شمسی، میلیاردها دنباله‌دار وجود دارد که برخی در کمربند کویی‌پر و تعداد بسیار زیادی نیز در لبه‌های منظومه، ابر کروی عظیم اورت را شکل می‌دهند. هریک از آن‌ها به تنهایی تکه‌هایی کوچک و نامنظم از غبار سنگی و یخ‌اند که در مدار خود دور خورشید می‌گردند. گاهی یکی از آن‌ها زادگاه خود را ترک می‌کند و به نواحی درونی منظومه‌ی شمسی می‌آید. این هسته وقتی به خورشید نزدیک‌تر می‌شود، سَری بزرگ‌تر و دو دُم پیدا می‌کند. در این زمان، دنباله‌دار به حدّ کافی بزرگ و درخشان است که از آسمان زمین دیده شود. تا به حال حدود ۲هزار دنباله‌دار کشف شده است. تعدادی را منجمان آماتور کشف می‌کنند و تعدادی را هم تلسکوپ‌های روبوتی مخصوص می‌یابند که هر شب به دنبال خرده‌سیاره‌های جدید در منظومه‌ی شمسی، آسمان را می‌کاوند. اما بیش از نیمی از این دنباله‌دارها در تصاویر رصدخانه‌ی فضایی خورشیدشناس سوهو پیدا شده‌اند.

دُم گازی یا یونی، معمولاً آبی و بسیار باریک است.



دنباله‌دار هیل ـ باپ

تقریباً هر ده سال یک‌بار، دنباله‌دار خارق‌العاده‌ای مانند هیل ـ باپ، در آسمان شب ظاهر می‌شود. در سال ۱۹۹۷ (بهار ۱۳۷۶)، این دنباله‌دار به وضوح با چشم غیر مسلح دیده شد؛ مانند این تصویر که در آسمان منطقه‌ی کوهستانی کَن در شمال غربی تهران گرفته شده است.

ممکن است گیسو به قطر ۱۰۰ هزار کیلومتر هم برسد.

هسته‌ای از جنس یخ و غبار، معمولاً به قطر فقط چندکیلومتر، درون گیسو از دیدها پنهان می‌شود.

این دوربین یکی از ۱۰ ابزاری بود که از هسته‌ی هالی عکس گرفت و آن را تحلیل کرد.

فضاپیمای جیوتر

ساختار یک دنباله‌دار

دنباله‌دار، در تمام مدت عمر، یک هسته دارد که اجتماعی نامستحکم از یخ و برف و غبار سنگی است. البته، دنباله‌داری که به نواحی درونی‌تر منظومه‌ی شمسی سفر می‌کند، به سبب حرارت خورشید تغییر می‌یابد و مدت کوتاهی یخ سطحی آن به گاز تبدیل می‌شود و توده‌ی برخاسته‌ی گاز، سری درخشان، به نام گیسو را شکل می‌دهد. به‌علاوه، باد خورشیدی و فشار تابش خورشید، گاز و غبار را از هسته به بیرون پراکنده می‌کند و دو دُم، یکی غباری و دیگری گازی، شکل می‌گیرد.

برش مقطعی، ساختار یخ و غباری درون هسته‌ی دنباله‌دار را نشان می‌دهد. به همین سبب به آن گلوله‌ی برفی کثیف نیز می‌گویند.

بخش روشن به سوی خورشید است.

وقتی حرارت خورشید سطح دنباله‌دار را گرم می‌کند، گاز و غبار از هسته‌ی آن رها می‌شود.

دهانه‌ی برخوردی

سلسله تپه‌های روی سطح

پوسته‌ای از غبار تیره

هسته‌ی یک دنباله‌دار

نخستین بار در مارس سال ۱۹۸۶، هسته‌ی یک دنباله‌دار، تنها بخش جامد آن، دیده شد. فضاپیمای اروپایی جیوتو در حالی به سوی دنباله‌دار هالی پرواز کرد که دنباله‌دار در مسیرخود، به سوی نواحی درونی‌تر منظومه‌ی شمسی می‌آمد. جیوتو حدود ۱۰ ساعت داده جمع‌آوری کرد و از فاصله‌ی ۶۰۰ کیلومتری از هسته‌ی هالی عکس گرفت. قطر هسته‌ی این دنباله‌دار ۱۶ کیلومتر تخمین زده شد.

فضاپیماهایی به سوی دنباله‌دارها

اخترشناسان مشتاق بررسی دنباله‌دارها هستند؛ زیرا مواد دنباله‌دارها مربوط به زمان شکل‌گیری منظومه‌ی شمسی است. فضاپیمای استارداست در سال ۲۰۰۴ از هسته‌ی دنباله‌دار ویلت ـ۲ عکس گرفت و نمونه‌ای از گاز و غبار گیسوی آن را درون کپسول محافظی در سال ۲۰۰۶ به زمین رساند.

گاز و غبار رهاشده از هسته، از خورشید دور رانده می‌شوند و دُم‌هایی تشکیل می‌دهند.

دُم گازی صاف و باریک و دُم‌غباری منحنی است.

با نزدیک‌تر شدن دنباله‌دار به خورشید دُم‌ها بزرگ‌تر می‌شوند.

دُم‌های دنباله‌دارها

غبار و گازی که از هسته رها می‌شود، دُم‌هایی را شکل می‌دهد. ذرات باردار باد خورشیدی گاز را به عقب می‌راند و دُم گازی یا یونی را ایجاد می‌کند. فشار تابش خورشید نیز ذرات ریز غبار را به عقب می‌راند تا دُم‌یونی پدید آید. آن‌ها بیش‌تر تحت تأثیر گرانش خورشیدند و در مسیری شبیه مدار حرکت دنباله‌دار قرار می‌گیرند. سپس دُم منحنی می‌شوند.

دُم دنباله‌دار چند ده تا چند صد میلیون کیلومتر در فضا کشیده می‌شود.

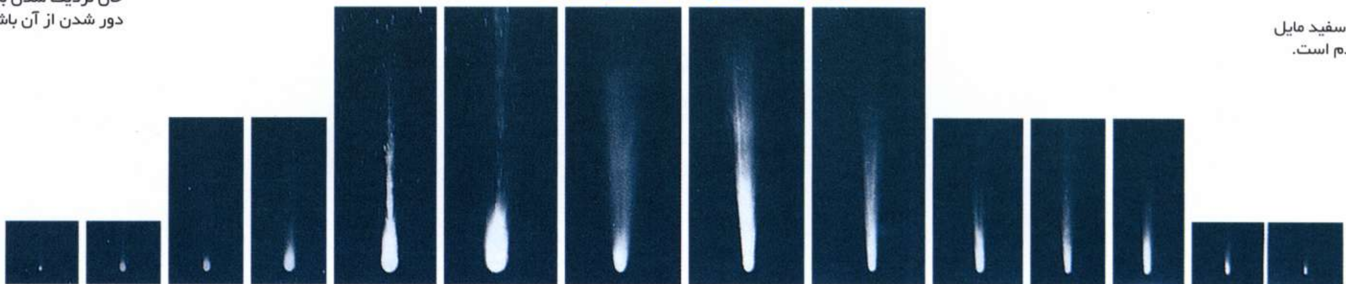
دُم‌ها در نزدیکی خورشید از هر زمان بلندترند.

با دور شدن دنباله‌دار از خورشید، دُم‌ها کوچک می‌شوند.

دُم یک دنباله‌دار همواره در جهت مخالف حضور خورشید در فضا کشیده می‌شود؛ چه دنباله‌دار در حال نزدیک شدن به خورشید یا دور شدن از آن باشد.

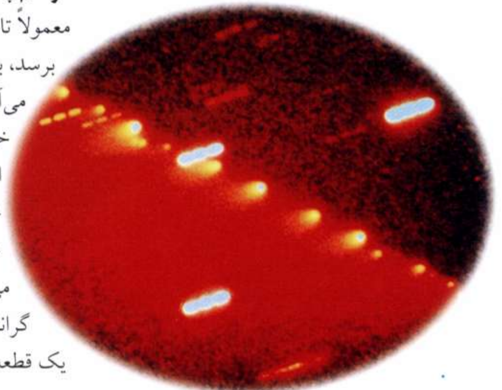
دُم غباری، به رنگ سفید مایل به زرد، پهن‌ترین دُم است.

دنباله دار هالی، ۲۶ آوریل تا ۱۱ ژوئن ۱۹۱۰



از هم پاشیدن دنباله‌دار

معمولاً تا زمانی که همه‌ی ذخیره‌ی گاز و غبار دنباله‌دارها به پایان برسد، به طور متوسط ۱۰۰ بار به نواحی درونی منظومه‌ی شمسی می‌آیند. اما ممکن است زندگی دنباله‌داری که از مسیر اصلی خارج شده است، به شیوه‌ی خارق‌العاده‌تری به پایان برسد. امکان دارد پایان عمر بسیاری از دنباله‌دارها، سفر به درون خورشید و نابود شدن در جوّ آن باشد (دنباله‌دارهای خورشیدخراش)؛ اما برخی نیز به سیاره‌ها و قمرها برخورد می‌کنند. در دوران ما، دنباله‌دار شومیکر ـ لِوی ۹، تحت تأثیر گرانش مشتری تکه‌تکه شد. در ژوییه‌ی سال ۱۹۹۴، بیست و یک قطعه‌ی این دنباله‌دار با سطح مشتری برخورد کرد.



دنباله‌دار شومیکر ـ لِوی ۹

دُم دنباله‌دار هالی

هر بار که یک دنباله‌دار دوره‌ای به سوی خورشید بازمی‌گردد، دُم آن با دفعات قبل و بعد متفاوت است. دُم‌ها مدت کوتاهی، حدود ۲ ماه، دوام می‌آورند. این تصاویر مراحل شکل‌گیری و نابودی دُم دنباله‌دار هالی را طی حدود سه هفته، از اوج ظهور در سال ۱۹۱۰ نشان می‌دهند.



رصد دنباله‌دارها

برخی دنباله‌دارها به حدّ کافی درخشان هستند که با چشم غیرمسلح دیده شوند؛ مانند این تصویر از دنباله‌دار مکنات که در ابتدای سال ۲۰۰۷ با درخششی خیره‌کننده در آسمان نیم‌کره‌ی جنوبی به پُرنورترین دنباله‌دار چهار دهه تبدیل شد. اما بسیاری از دنباله‌دارها را فقط با دوربین دوچشمی و تلسکوپ می‌توان دید. روش رصد هر چه باشد، دنباله‌دارها همواره در آسمان شب چون لکه‌های مِه‌آلود نور دیده می‌شوند. آن‌ها با سرعت به سوی نواحی داخلی منظومه‌ی شمسی می‌آیند. حرکت این دنباله‌دارها در زمینه‌ی ستاره‌ها به آرامی است و می‌توان تغییر مکان آن‌ها را هر شب دنبال کرد.



برخورد عمیق

در سال ۲۰۰۵، فضاپیمای دیپ ایمپکت (برخورد عمیق) پس از پیمودن راهی طولانی در فضا به نزدیکی هسته‌ی دنباله‌دار تمپل ـ ۱ رسید. فضاپیما گلوله‌ای به وزن حدود ۴۰۰ کیلوگرم را با سرعت زیاد به سوی هسته‌ی دنباله‌دار فرستاد تا سبب انفجاری عظیم بر این سطح یخی شود. فضاپیما در فاصله‌ای ایمن به مشاهده و تجزیه و تحلیل ابر تازه و دست‌نخورده‌ی ذرات یخ و غبار پرتاب شده به گیسوی دنباله‌دار پرداخت؛ هم‌زمان، تلسکوپ‌های گوناگونی هم در زمین به بررسی این روی‌داد پرداختند.

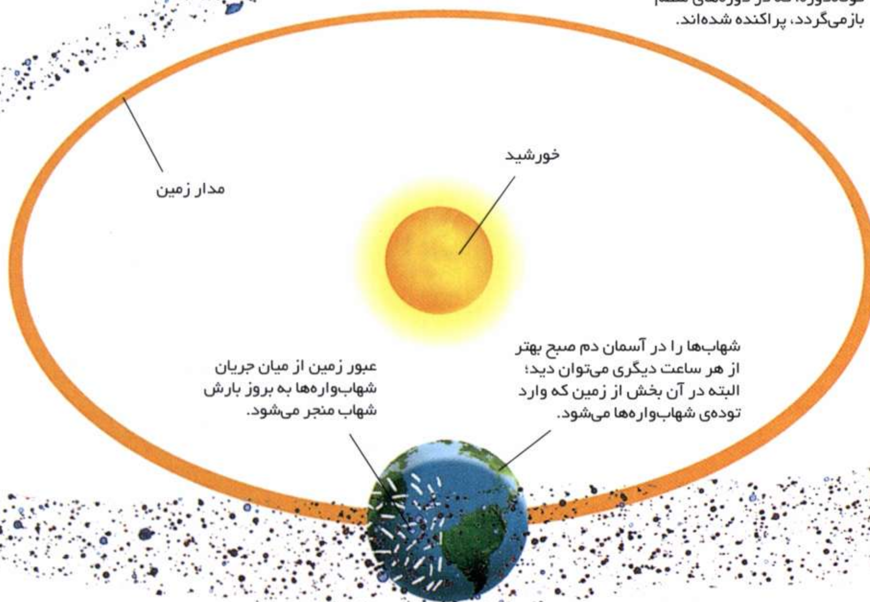
شهاب‌ها

هر شب می‌توان در آسمان تیرهای درخشان نور را دید که لحظه‌ای به سرعت می‌گذرند. این‌ها شهاب یا در حقیقت، قطعاتی از سنگ و غبار بر جای مانده از دنباله‌دارها یا رها شده بر اثر برخورد سیارک‌ها هستند که با ورود به جوّ زمین می‌سوزند. این ذرات، که به شهاب‌واره مشهورند، در سراسر منظومه‌ی شمسی پراکنده و سرگردان‌اند. هر سال زمین ۲۰۰هزار تُن شهاب‌واره را به سوی خود جذب می‌کند. ذراتی که در جوّ می‌سوزند، به شکل شهاب‌های اتفاقی یا بخشی از بارش‌های شهاب دیده می‌شوند.



باران شهاب

انسان از دوره‌ی ما قبل تاریخ، شهاب‌ها را در آسمان می‌دید. اما در نوامبر سال ۱۷۹۹، که این بارش شهاب حیرت‌انگیز اسدی رخ داد، دانشمندان فقط می‌دانستند منشأ این پدیده، جایی خارج از زمین است. زیرا تا قرن نوزدهم، کسی از ارتباط بین ظهور دنباله‌دارها و بارش‌های شهاب مطلبی نفهمید.



زندگی یک شهاب

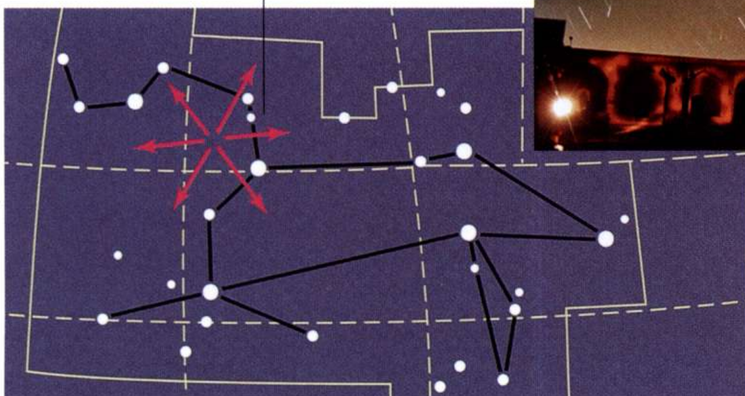
شهاب‌ها حاصل دنباله‌دارهای کوتاه‌دوره یا سیارک‌ها هستند. دنباله‌دارها وقتی به نزدیکی خورشید می‌آیند، بخشی از مواد خود را از دست می‌دهند. سیارک‌ها هم در صورت برخورد با هم، قطعات ریز و درشتی در فضا پراکنده می‌کنند. وقتی شهاب‌واره‌ای وارد جوّ زمین می‌شود، اصطکاک جوّ آن را گرم و بخارگرم می‌کند و ردی از نور همان شهاب را در امتداد مسیر آن شکل می‌دهد. دنباله‌دارهای کوتاه‌دوره، جویباری از شهاب‌واره را پشت سر خود در مدار بر جای می‌گذارند. اگر زمین در مسیر مدار خود به دور خورشید، مدار یکی از این دنباله‌دارها را قطع کند، هر سال وقتی به آن محدوده از مدار می‌رسد، بارش شهاب دیده می‌شود.

بارش اسدی

در این تصویر با نوردهی بلند، ستاره‌ها بر فراز کاروان‌سرای قدیمی ده‌نمک سمنان، مانند ردهای کوتاه و موازی نور دیده می‌شوند. ردهای پرنور، که رد ستاره‌ها را قطع کرده‌اند، شهاب‌های بارش اسدی بسیار دیدنی سال ۱۹۹۸/ ۱۳۷۷ هستند. اما شهاب بارانی دیدنی‌تری در دوره‌ی قبلی بازآمدن دنباله‌دار سازنده‌ی بارش اسدی، در نوامبر سال ۱۳۴۵/۱۹۶۶ رخ داد که ده‌ها شهاب در هر ثانیه در ساعت اوج بارش آسمان را می‌خراشید. اگر امتداد خطوط شهاب‌ها را در بارش شهاب، مثلاً بارش اسدی، به عقب بازگردانید، به‌نظر می‌رسد که همه از یک نقطه در آسمان آمده‌اند. این نقطه را کانون بارش می‌نامند.



بە‌نظر می‌رسد که بارش شهاب‌های اسدی از نقطه‌ای در یال شیر آغاز می‌شود. در بارش‌های معمول اسدی، معمولاً ۱۰ تا ۲۰ شهاب در ساعت دیده می‌شوند؛ اما هر سه دهه، که دنباله‌دار سازنده‌ی این بارش بازمی‌گردد، توده‌ی پُرتراکمی از شهاب‌واره‌ها با زمین برخورد می‌کنند و امکان دارد بارش‌هایی با چند هزار شهاب در ساعت ظهور کنند.



منشأ بارش‌های شهاب

بارش‌های شهاب را به نام صورت فلکی‌ای نام‌گذاری می‌کنند که کانون در آن باشد. مثلاً اگر مسیر عبور همه‌ی شهاب‌های بارش اسدی در آسمان را برعکس ادامه دهیم، به‌نظر می‌رسد از نقطه‌ای در صورت فلکی اسد (شیر) آغاز می‌شوند. بارش اسدی هر سال در ماه آبان، که زمین از میان توده‌ی شهاب‌واره‌های بر جای مانده از دنباله‌دار تِمپل ـ تاتِل می‌گذرد، رخ می‌دهد. این بارش یکی از چند بارش سالانه شهاب‌هاست. یکی از بهترین شهاب‌باران‌های سال، بارش برساوشی است که در بیست‌ویکم و بیست‌ودوم مرداد به اوج می‌رسد.



شهاب تکی

تک‌شهاب‌ها، شهاب‌هایی که بخشی از بارش شهاب نیستند و تصادفی می‌آیند نیز، در طول سال دیده می‌شوند. زیر آسمان صاف و تاریک شاید بتوان ۵ تا ۷ تک‌شهاب در ساعت هم دید. رد هر شهاب معمولی در جوّ زمین حدود ۱ متر پهنا و ۷ تا ۲۰ کیلومتر طول دارد و کمتر از یک ثانیه دوام می‌آورد.



آذرگوی‌ها و آتش‌گوی‌ها

هر چه شهاب‌واره بزرگ‌تر باشد، شهاب هم پُرنورتر خواهد بود. درخشان‌ترین شهاب‌ها را آذرگوی می‌نامند که قدرشان دست کم ۴ـ و هم‌نور یا درخشان‌تر از سیاره‌ی زهره هستند. شهاب‌واره‌ای که این آذرگوی را در مارس ۱۹۳۳، پدید آورد، به‌طور کامل در جوّ نسوخت. هر سال ده‌ها هزار آذرگوی در جوّ زمین رخ می‌دهد. تعدادی از آن‌ها تکه‌تکه و منفجر می‌شوند که به آن‌ها آتش‌گوی یا بولید می‌گویند.

از شهاب‌واره تا شهاب

سرنوشت شهاب‌واره‌ای که وارد جوّ زمین می‌شود، به اندازه، سرعت، و قابلیت تکه‌تکه شدن آن بستگی دارد. کوچک‌ترها در بخش‌های بالایی جو، یعنی ارتفاع ۸۰ تا ۱۲۰ کیلومتری، می‌سوزند. بزرگ‌ترها یا آن‌هایی که سرعت بیش‌تری دارند، به زمین نزدیک‌تر می‌شوند و می‌سوزند. بسیار به‌ندرت اتفاق می‌افتد که شهاب‌واره‌ی بزرگی پس از عبور از جوّ سالم بماند و با سطح زمین برخورد کند. پس از برخورد، به این سنگ، شهاب‌سنگ می‌گویند. برخلاف تصور عمومی، در بارش‌های شهاب، شهاب‌سنگ‌های زیادی به زمین نمی‌رسند؛ زیرا بیش‌تر ذرات توده‌ی شهاب‌واره‌های دنباله‌داری، یخ و غبار ریزند.

رصد شهاب

بهترین زمان برای رصد شهاب‌ها، زمانی است که زمین از میان توده‌ی شهاب‌واره‌ای رد می‌شود و وقوع بارش شهاب محتمل است. برای رصد شهاب، هیچ ابزار خاصی لازم نیست؛ کافی است جایی با افق باز و دور از نور شهر باشید. کمی صبر کنید تا چشمانتان به تاریکی عادت کند. شهاب‌ها هر جایی از آسمان ظاهر می‌شوند؛ اما معمولاً در فاصله‌ی ۳۰ تا ۵۰ درجه‌ای کانون بارش فراوان‌ترند. بسیاری اوقات، بیش‌ترین تعداد شهاب‌ها پیش از سپیده‌دم دیده می‌شوند.



یک شهاب‌واره با سرعت بین ۱۱ تا ۴۷ کیلومتر بر ثانیه وارد جوّ می‌شود.

شهاب‌ها در ارتفاع ۱۲۰ تا ۸۰ کیلومتری بر فراز زمین شکل می‌گیرند.

بیش‌تر شهاب‌های مرئی قدری بین حدود ۴ تا ۴ـ دارند.

آذرگوی‌ها در ارتفاع کمتری از جوّ رخ می‌دهند و درخشان‌تر از شهاب‌های عادی هستند.

تکه‌تکه شدن شهاب‌واره‌ها معمولاً بین ارتفاع ۳۰ تا ۱۰ کیلومتری بر فراز زمین رخ می‌دهد.

سنگ‌های بزرگ که از سرعت‌شان کاسته نمی‌شود، دهانه‌های برخوردی را شکل می‌دهند.

سنگ‌های تکی که از سرعت‌شان کاسته می‌شود، به زمین سقوط می‌کنند.

ممکن است ده‌ها تا صدها سال طول بکشد تا توده‌ای از شهاب‌واره‌ها شکل بگیرند.

ژل استفاده شده بر روی هواپیما

جمع‌آوری غبار شهاب

شهاب‌واره‌ها از ذرات ریز غبار به جرم ۱میلیونیوم گرم تا سنگ‌های چند تُنی را شامل می‌شوند. در دو سه دهه‌ی گذشته، دانشمندان ذرات کوچک‌تر را جمع‌آوری و بررسی کرده‌اند. هواپیمایی با صفحه‌های پوشیده از نوعی ژل خاص در ارتفاع حدود ۲۰ کیلومتری به پرواز درمی‌آید. زمانی که ذرات پُرسرعت با ژل برخورد می‌کنند، به آن می‌چسبند و می‌توان آن‌ها را برای بررسی به آزمایشگاه منتقل کرد.

مهم‌ترین بارش‌های شهاب

نام	تاریخ فعالیت	صورت فلکی کانون بارش
شلیاقی	۳۰ فروردین تا ۴ اردیبهشت (اوج ۱ و ۲ اردیبهشت)	شلیاق
اِتا ـ دلوی	۱۱ تا ۱۸ اردیبهشت (اوج ۱۵ تا ۱۶ اردیبهشت)	دلو
دلتا ـ دلوی	۲۴ تیر تا ۲۴ مرداد (اوج ۶ و ۷ مرداد)	دلو
برساوشی	۳ تا ۲۷ مرداد (اوج ۲۱ و ۲۲ مرداد)	برساوش
جبّاری	۲۴ مهر تا ۵ آبان (اوج ۲۹ تا ۳۰ مهر)	جبّار
ثوری	۲۸ مهر تا ۹ آذر (اوج ۱۴ و ۱۵ آبان)	ثور
اسدی	۲۴ تا ۲۹ آبان (اوج ۲۶-۲۸ آبان)	اسد
جوزایی	۱۶ تا ۲۵ آذر (اوج ۲۲ و ۲۳ آذر)	جوزا
ربُعی	۱۰ تا ۱۶ دی (اوج ۱۴ و ۱۵ دی)	عوّا

بیش‌تر بدانیم

اعضای خُرد ۱۶۰، دنباله‌دارها ۱۶۲، سیارک‌ها ۱۶۶
شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸، برخوردها ۱۷۰، عکاسی از آسمان شب ۲۸۶

سیارک‌ها

میلیاردها سنگ فضایی، به نام سیارک، در نواحی داخلی منظومه‌ی شمسی دور خورشید می‌گردند. سیارک‌ها را خُرده‌سیاره نیز می‌نامند؛ زیرا مانند سیاره‌ها، مدار خاص خود را گرد خورشید طی می‌کنند و در حین سفر، دور خود نیز می‌چرخند. بیش از ۹۰درصد از آن‌ها در ناحیه‌ای به نام کمربند اصلی سیارک‌ها، میان مدار مریخ و مشتری، قرار دارند. بین ۳ تا ۶ سال طول می‌کشد تا دور خورشید بگردند. اندازه، شکل و رنگ سیارک‌ها گوناگون است. اغلب فقط یکی از آن‌ها، سیارک وستا، به حدّ کافی بزرگ و درخشان است که بتوان آن را با چشم غیر مسلح دید. حتی آن‌هایی که با تلسکوپ‌های قوی رصد می‌شوند، از درون تلسکوپ هم فقط نقاطی نورانی‌اند. راه دیگر کاوش زمینی آن‌ها، استفاده از رادار است. با ارسال امواج رادیویی و بررسی بازتاب ضعیف آن‌ها از سطح سیارک، شکل و پستی و بلندی‌های سیارک نقشه‌برداری می‌شود. اما بهترین راه شناخت آن‌ها کاوش فضایی است. تاکنون فضاپیماها، ۶ سیارک را با وضوح زیاد از نزدیک بررسی کرده‌اند. با وجود این، به کمک رصد اختفای ستاره‌ها در پشت این سیارک‌ها، می‌توان اطلاعاتی از شکل و اندازه‌ی آن‌ها به‌دست آورد.

سرس، بزرگ‌ترین عضو کمربند سیارک‌ها، یک سوم کل جرم همه‌ی سیارک‌ها را در خود جای داده است. سرس حالا عضوی از گروه سیاره‌های کوتوله است.

وستا سومین سیارک بزرگ و درخشان‌ترین سیارک در آسمان زمین است.

سایکه شکل نامنظمی دارد.

اندازه ۱۸۵ کیلومتر

اندازه‌ی سیارک‌ها

سِرِس، نخستین سیارکی که کشف شد، با قطر حدود ۹۴۰ کیلومتر بزرگ‌ترین عضو کمربند اصلی سیارک‌ها نیز هست. البته سرس از سال ۲۰۰۶ با توجه به کروی بودن و بزرگی قطرش وارد رده‌ی سیاره‌های کوتوله شد. فقط سیارک‌هایی که قطرشان بیش از ۳۰۰ کیلومتر است، کروی‌اند. بیش‌تر سیارک‌ها بسیار کوچک‌ترند و شکلی نامتقارن دارند. حدود ۱۰ سیارک با قطر بیش از ۲۵۰ کیلومتر وجود دارد.

کمربند اصلی سیارک‌ها

خورشید

مدار مریخ

سیارک آپولو

۱۴ سال طول می‌کشد تا سیارک هیدالگو دور خورشید بگردد.

مدار مشتری

سیارک‌های گروه تروا

کایرون (CHIRON)، سیارکی که در سال ۱۹۷۷ کشف شد، مداری بیضوی و غیرعادی دارد. در حال حاضر، تصور بر این است که کایرون، دنباله‌داری متعلق به گروه قنطورهاست.

مشتری

مدار زحل

سیارک آمور

سیارک آتن

اورانوس

دو گروه سیارک، معروف به گروه تروا، در مدار مشتری قراردارند؛ یک گروه از آن‌ها پیش از مشتری و گروه دیگر پس از سیاره در حرکت‌اند. آن‌ها در نقاط تعادل گرانشی یا نقاط لاگرانژی مدار مشتری گرفتار شده‌اند.

مدار اورانوس

زحل

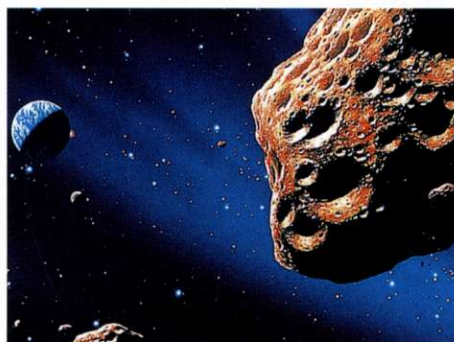
اگر همه‌ی سیارک‌ها را کنار هم می‌گذاشتند، جرم آن‌ها فقط ۱۵ درصد جرم ماه می‌شد.

سیاره‌ی ناموفق: برخی دانشمندان بر این باورند که کمربند سیارک‌ها بقایای سیاره‌ای است که هرگز متولد نشده است. مواد این ناحیه حدود ۴/۶میلیارد سال پیش، که سیاره‌ها منظومه‌ی شمسی شکل می‌گرفتند، بیش از ۶۰۰ کره‌ی سنگی بزرگ (پیش‌سیاره) را شکل داد. اما سیاره‌ی واحدی را تشکیل نداد. گرانش سیاره‌ی مشتری جوان بین این پیش‌سیاره‌ها آشوب برپا می‌کرد و آن‌ها هم در برخورد با هم، تعداد بسیاری جرم‌های کوچک کمربندی به‌وجود آوردند.

کمربند سیارک‌ها

کمربند اصلی سیارک‌ها از فاصله‌ی ۲۵۴ میلیون تا ۵۹۸ میلیون کیلومتری خورشید گسترده شده است. این کمربند شامل میلیاردها سیارک است که مستقل از هم دور خورشید می‌گردند. آن‌ها در همان جهت سیاره‌ها حرکت می‌کنند و دور خودشان هم می‌چرخند. بیش‌تر سیارک‌ها کوچک هستند و قطرشان فقط چندمتر است. اما قطر حدود ۱میلیارد عدد از آن‌ها بیش از یک کیلومتر است. برخلاف تصور عمومی، که کمربند سیارک‌ها توده‌ای پر ازدحام از سنگ‌های فضایی است، اغلب آن‌ها هزاران کیلومتر از هم فاصله دارند.

تصویرسازی هنرمندانه از سیارک نزدیک زمین



سیارک‌های نزدیک زمین

مدار برخی سیارک‌ها به‌گونه‌ای است که آن‌ها را به نزدیکی زمین می‌آورد. این‌ها اعضای گروه‌های سیارکی آپولو، آمور و آتن هستند. نام هر گروه از عضو اصلی گروه گرفته شده است. اعضای یک گروه خاص، مدار مشخصی را طی می‌کنند. آتنی‌ها عموماً درون مدار زمین هستند. آپولویی‌ها از مدار زمین می‌گذرند و مدار آموری‌ها آن‌ها را تا میان مدار زمین و مریخ می‌آورد.

نقشه‌برداری از کمربند اصلی

تاکنون هزاران سیارک شناسایی شده‌اند. بسیاری از آن‌ها مدتی طولانی رصد و بررسی شده‌اند تا مدار و دوره‌ی تناوب چرخششان محاسبه شود. نخستین سیارک‌ها در اوایل قرن نوزدهم کشف شدند. پیش از همه، سِرِس در سال ۱۸۰۱، با مشاهده‌ی تلسکوپی پیدا شد. امروزه، سیارک‌هایی که اخترشناسان کشف می‌کنند، آن‌قدر کم‌فروغ‌اند که از درون تلسکوپ‌ها دیده نمی‌شوند؛ بلکه از درون عکس‌ها یا به کمک آشکارسازهای الکترونیک کشف می‌شوند. کمربند سیارک‌ها چند شکاف دارد که به شکاف‌های کِرک‌وود مشهورند و به سبب اثر گرانش مشتری، سیارک ندارند.

مریخ

سیارک‌های بزرگ در کمربند اصلی، موقعیت خود را در برابر هم نشان می‌دهند. این اندازه‌ها بسیار بزرگ‌تر از واقعیت نشان داده شده است.

پالاس (زمان چرخش ۷/۸ ساعت)

سِرِس (زمان چرخش ۹/۱ ساعت)

شکاف کرک‌وود، یکی از چند شکاف کمربند سیارک‌ها.

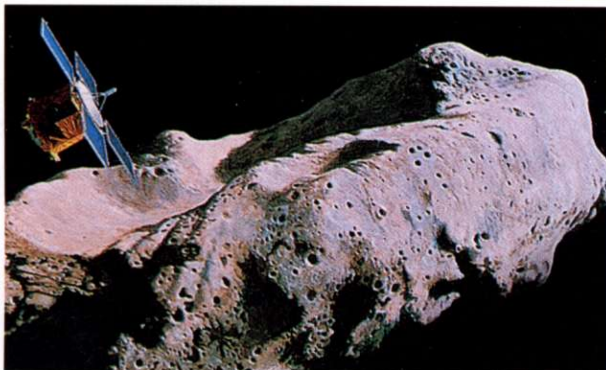
وستا (زمان چرخش ۵/۳ ساعت)

خانواده‌ی سیارک‌های فلورا (زمان چرخش ۱۲/۸ ساعت)

گاسپرا



اروس

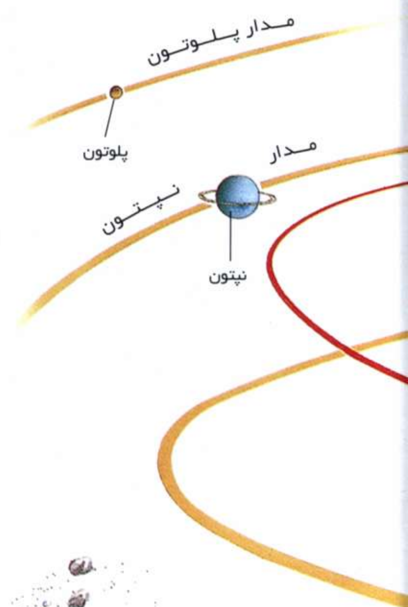


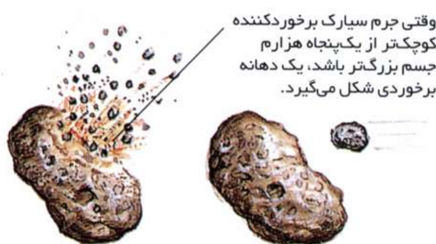
انواع سیارک

از نظر ساختاری، سه نوع اصلی سیارک وجود دارد: سنگی‌ها، فلزی‌ها، و سنگی ـ فلزی‌ها. گاسپرا سیارکی سنگی و نخستین سیارکی است که از نزدیک دیده شده است. این سیارک به قطر حدود ۱۹ کیلومتر در هر ۳/۳ سال دور خورشید می‌گردد. فضاپیمای گالیله در اکتبر سال ۱۹۹۱، از آن تصویربرداری کرد.

در مدار سیارک

بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۱، فضاپیمای نییر (NEAR) در مداری به دور سیارک ۳۳ کیلومتری اِروس در گردش بود تا از این سیارک نزدیک زمین، نقشه‌برداری کند. در پایان نیز در حین فرود بر سطح سیارک، نزدیک‌ترین نماهای دیده شده از سطح سیارک‌ها را ارسال کرد. در سال ۱۹۹۷ نیز پیش از رسیدن به اِروس، از کنار سیارک ۶۶ کیلومتری و پُرگودال متیلدا گذشت. فضاپیمای ژاپنی هایابوسا بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶ از سیارک کوچک ۵۰۰ متری ایتوکاوا نقشه‌برداری کرد. در کمال شگفتی، سطح این سیارک بدون گودال‌های برخوردی بود؛ گویی بر اثر برخورد تازه‌ای، تکه‌سنگ‌ها و انبوه غبار بلند شده از سطح آن به مرور بر سطح نشسته‌اند و دهانه‌های قبلی را پنهان کرده‌اند. هایابوسا کاوش‌گر بسیار کوچکی به سوی سیارک فرستاد که هرگز به آن نرسید. اما خود بر سطح سیارک فرود آمد تا نمونه‌ی غبار سطحی آن‌را برای بازگرداندن به زمین جمع‌آوری کند. در سال‌های آینده، مهم‌ترین مأموریت کاوش سیارک‌ها، به‌عهده‌ی فضاپیمای سپیده‌دم یا دان (DAWN) است که در سال ۲۰۱۱ در مداری یک‌ساله به دور سیارک بزرگ وستا قرار خواهد گرفت و در سال ۲۰۱۵، پنج ماه به دور سِرِس خواهد گشت.





وقتی جرم سیارک برخوردکننده کوچک‌تر از یک‌پنجاه هزارم جسم بزرگ‌تر باشد، یک دهانه برخوردی شکل می‌گیرد.

برخورد میان سیارک‌ها

کمربند اصلی همیشه به شکل امروزی نبوده است. بر اساس یکی از نظریه‌ها، زمانی که منظومه‌ی شمسی شکل می‌گرفت، این کمربند شامل بیش از ۶۰۰ قطعه سنگ بود که از سِرِس بزرگ‌تر بودند. آن‌ها به مرور بر اثر برخورد و به‌هم چسبیدن ذرات و قلوه‌سنگ‌های اولیه به‌وجود آمده بودند. این پیش‌سیاره‌ها با هم برخورد کردند و مقدار بسیاری ماده هم بر اثر نیروی گرانشی مشتری از این محدوده جارو شد. بقیه‌ی تکه‌ها هم مدام با هم برخورد کردند و کمربند سیارکی امروزی را شکل دادند. برخوردها و ملاقات‌های پیاپی سیارک‌ها، گاه سبب پیدایش سیارک دو یا چندتایی یا قمر یا قمرهایی در اطراف سیارک‌ها می‌شود.

وقتی جرم سیارک برخوردکننده حدود یک‌پنجاه هزارم جسم دیگر باشد، سیارک بزرگ‌تر خرد و تبدیل به کره‌ای از قلوه‌سنگ‌ها می‌شود.

اگر جرم سیارک برخوردکننده بیش از یک‌پنجاه هزارم جرم سیارک دیگر باشد، سیارک تکه‌تکه می‌شود و خانواده‌ای از سیارک‌ها را شکل می‌دهد.

نواری از غبار شکل می‌گیرد.

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴
تولّد منظومه‌ی شمسی اعضای خُرد ۱۶۰
شهاب‌ها ۱۶۴، شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸

شهاب‌سنگ‌ها

هر سال حدود ۳هزار سنگ فضایی، به جرم بیش از یک کیلوگرم و بزرگ‌تر از آن‌که در جوّ زمین بسوزد، بر سطح زمین سقوط می‌کند. به این سنگ‌ها، شهاب‌سنگ می‌گویند. بیش‌تر آن‌ها در دریاها سقوط می‌کنند و هرگز پیدا نمی‌شوند. برخی شهاب‌سنگ‌ها، که سقوط آن‌ها بر خشکی‌ها دیده می‌شود، به‌سرعت جمع‌آوری می‌شوند. برخی هم زمانی و جایی سقوط می‌کنند که کسی متوجه نمی‌شود و ممکن است سال‌ها یا حتی قرن‌ها بعد کشف شوند.

انواع شهاب‌سنگ

شهاب‌سنگ‌ها معمولاً از همان موادی ساخته شده‌اند که روی زمین یافت می‌شوند؛ اما نسبت‌های متفاوتی دارند. دانشمندان بر این باورند که مواد آن‌ها مانند مواد سال‌های ابتدایی منظومه‌ی شمسی است. بیش‌تر آن‌ها بسیار چگال‌تر و سنگین‌تر از سنگ‌های هم‌جثه‌ی زمینی هستند و به سبب داشتن آهن و فلز، اثر مغناطیسی دارند. شهاب‌سنگ‌ها به سه نوع تقسیم می‌شوند.



پوسته‌ی گداخته‌ی تیره به سبب سوختن شهاب‌سنگ در جوّ زمین شکل می‌گیرد.

شهاب‌سنگ سنگی

بیش‌تر شهاب‌سنگ‌هایی که روی زمین کشف شده‌اند، سنگی هستند. تاکنون هزاران شهاب‌سنگ سنگی جمع‌آوری شده است. آن‌ها را می‌توان برحسب بافت، به زیرمجموعه‌های کُندریتی‌ها و آکُندریتی‌ها تقسیم کرد. کندریتی‌ها شامل «قطره‌های» سنگ سخت شده هستند و آکندریتی‌ها این دانه‌های کندرول را در ساختار خود ندارند.



شهاب‌سنگی شامل آلیاژ آهن ـ نیکل

یکی از چند تُن تکه شهاب‌سنگ دره‌ی دیابلو در آریزونا که ۵۰هزار سال پیش با زمین برخورد کرد.

شهاب‌سنگ آهنی

دومین نوع فراوان شهاب‌سنگ‌ها بیش‌تر از فلز آهن ـ نیکل و کمی مواد معدنی دیگر تشکیل شده‌اند. بیش‌تر شهاب‌سنگ‌های آهنی در ابتدا مذاب بودند و درون هسته‌ی سیارک‌ها شکل گرفتند.



این شهاب‌سنگ ۶ سانتی‌متری سنگی ـ آهنی، که در قطب جنوب کشف شد، از یک سیارک آمده است.

بلور زَبَرجَد به رنگ سبز کم‌رنگ در میان آهن ـ نیکل دیده می‌شود.

شهاب‌سنگ سنگی ـ آهنی

نادرترین نوع شهاب‌سنگ نوعی است که از ترکیب آهن و سنگ ساخته شده است. برخی شهاب‌سنگ‌ها از آهن ـ نیکل مذاب و ماده‌ی معدنی سنگی زَبَرجَد تشکیل شده‌اند و برخی هم به سبب برخوردها و ترکیب قطعات سنگی و آهنی شکل گرفته‌اند.



شهاب‌سنگ سنگی باروِل

این نمونه‌ای از یک شهاب‌سنگ درون شهاب‌سنگ دیگر است که از سنگی از یک سیارک و قطعات مذابی از سیارک دیگر تشکیل شده است. این سنگ در تکه‌تکه شدن شهاب‌واره‌ای بزرگ و سقوط بارانی از سنگ‌ها بر فراز باروِل انگلستان، در بیست‌وچهارم دسامبر سال ۱۹۶۵ به زمین رسیده است.

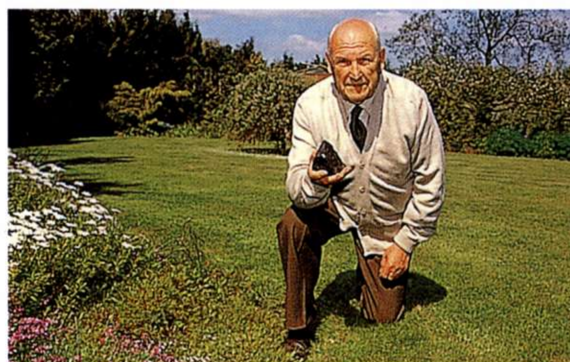


فضانوردی به نام جک اشمیت ناحیه‌ی برخورد شهاب‌سنگی با ماه را بررسی می‌کند.

منشأ شهاب‌سنگ‌ها

بیش‌تر شهاب‌سنگ‌هایی که روی زمین جمع‌آوری شده‌اند، از کمربند سیارک‌ها آمده‌اند. اما حدود ۳۰ شهاب‌سنگ شناخته شده از ماه و همین حدود نیز از مریخ به زمین آمده‌اند. تعداد کمی نیز ممکن است منشأ دنباله‌داری داشته باشند. شهاب‌سنگ‌ها بر سطح ماه و مریخ هم یافت شده‌اند که منشأ بیش‌تر آن‌ها از سیارک‌هاست.





بررسی شهاب‌سنگ‌ها

بیش‌تر شهاب‌سنگ‌ها را در موزه‌ها یا دانشگاه‌ها نگه‌می‌دارند تا دانشمندان آن‌ها را بررسی کنند. ابزارهای مخصوصی از مدت واپاشی عناصر رادیواکتیو، یعنی تبدیل عناصر به عناصر دیگر در طول زمان، استفاده می‌کنند تا عمر این سنگ‌ها را تخمین بزنند و نحوه‌ی شکل‌گیری آن‌ها را بررسی کنند.

جست‌وجوی شهاب‌سنگ‌ها

دانشمندان با جست‌وجو در نواحی دست‌نخورده و بکر زمین، مانند قطب جنوب، صحرای بزرگ آفریقا و بیابان‌های استرالیا، صدها شهاب‌سنگ در سال می‌یابند. پیدا کردن شهاب‌سنگ‌های تیره در زمینه‌ی روشن برف و یخ قطب یا خاک کویر ساده است.

شهاب‌سنگ‌های بزرگ

نام و مکان سقوط	وزن به تُن	سال سقوط یا کشف
شهاب‌سنگ‌های آهنی		
هوباوِست، نامیبیا	۶۰	۱۹۲۰
آهنیگیتو، گرین‌لَند	۳۰/۴	۱۸۹۵
باکوبِریتو، مکزیک	۲۷	۱۸۷۱
اِمبوسی، تانزانیا	۲۶	۱۹۳۰
شهاب‌سنگ‌های سنگی		
جیلین، چین	۱/۷۷	۱۹۷۶
نورتُن کانتی، کانزاس، ایالات متحده	۱	۱۹۴۸
لانگ آیلند، کانزاس، ایالات متحده	۰/۵۶	۱۸۹۱
باراگلد، آرکاتراس، ایالات متحده	۰/۴	۱۹۳۰
بیوربُل، فنلاند	۰/۳	۱۸۹۹

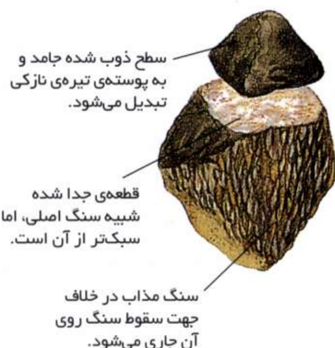
شهاب‌سنگ‌های سقوط کننده

هر سال سقوط تعدادی شهاب‌سنگ به زمین دیده یا شنیده می‌شود. برخورد شهاب‌سنگ‌ها با انسان در زمین پهناور بسیار نادر است. تنها نمونه‌ی گزارش شده مربوط به خانمی در آلابامای ایالات متحده است که در سال ۱۹۵۴، شهاب‌سنگی از سقف خانه‌ی او به زمین برخورد و به سوی او کمانه کرد. سقوط شهاب‌سنگ‌ها تاکنون در جاهای عجیبی مانند صندوق عقب اتومبیل، داخل دست‌شویی، نزدیک کشاورزان در زمین زراعی آن‌ها و حتی نزدیک توپ گلف‌بازان گزارش شده است. فریبرز فتاحی، کوه‌نوردی که شب نهم بهمن سال ۱۳۸۲ در پناهگاهی در ارتفاعات گلپایگان اقامت می‌کرد، وقتی برای آوردن آب از چشمه بیرون رفت، صدای بلند سقوطی را شنید و سنگ فضایی داغ و درخشانی نزدیک چشمه یافت.



یافته‌های شهاب‌سنگی

بزرگ‌ترین شهاب‌سنگ شناخته شده، در سال ۱۹۲۰ مدفون در خاک کشف شد. نام آن هوباوِست شد که نام جایی در جنوب غربی آفریقا بود که شهاب‌سنگ در آن فرود آمده بود. این شهاب‌سنگ آهنی در زمین سنگ آهکی محل فرود، دست‌نخورده و سالم باقی مانده بود. حالا این سنگ در نامیبیا اثر ملی محسوب می‌شود.



ساختار یک شهاب‌سنگ

اصطکاک با جوّ زمین، سطح خارجی سنگ فضایی سقوط کننده را حرارت می‌دهد و ذوب می‌کند. برخی شهاب‌سنگ‌ها سطح خارجی یک‌نواختی دارند و برخی دارای یک سطح جلویی و یک سطح پشتی هستند.

درک شهاب‌سنگ‌ها

- سقوط تک‌شهاب‌سنگ‌ها یا بارش قطعاتی از یک شهاب‌سنگ خُرد شده، از زمان مصر باستان ثبت شده است.



سقوط شهاب‌سنگ در اِنسیسهایم

- شهاب‌سنگ دونِرشتاین، که در سال ۱۴۹۲ نزدیکی اِنسیسهایم فرانسه سقوط کرد، یکی از نخستین نمونه‌های شهاب‌سنگی است که سالم به زمین رسیده است.
- بارش شهاب‌سنگ‌ها در هشتم مارس ۱۹۷۶، در جیلین چین گسترده‌تر از هر حادثه‌ی سقوط شهاب‌سنگ در تاریخ رصد شده است.

بیش‌تر بدانیم

شهاب‌ها ۱۶۴
سیارک‌ها ۱۶۶
برخوردها ۱۷۰

برخوردها

وقتی شهاب‌سنگی با زمین برخورد کند، ممکن است دهانه‌ای برخوردی یا گودالی کاسه‌شکل در سطح زمین با لبه‌های برآمده ایجاد کند. سنگ‌های فضایی در طول تاریخ، به‌خصوص حدود ۴میلیارد سال پیش که زمین سیاره‌ی جوانی بود، از این گودال‌ها زیاد ساخته‌اند. دهانه‌هایی با قطر بین ۱ متر تا بیش از هزار کیلومتر به تعداد بسیار روی سیاره‌ها و قمرها در سراسر منظومه‌ی شمسی دیده می‌شوند. فرسایش شدید و پویای سیاره‌ی ما، سبب از بین رفتن عوارض سطحی قدیمی می‌شود. با وجود این، حدود ۱۵۰ دهانه‌ی برخوردی روی زمین پیدا شده است.

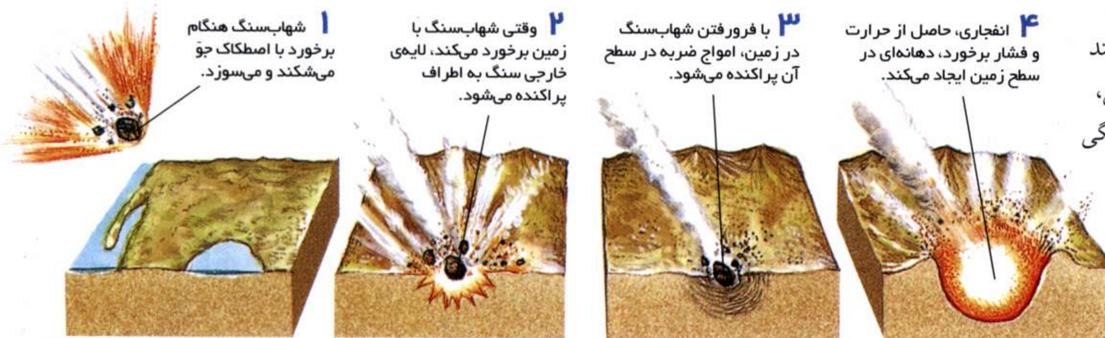


برخورد روی میماس

همه‌ی سیاره‌ها سنگی و بسیاری از قمرهای سیاره‌ای، دهانه‌های برخوردی دارند. سطح یخی میماس، یکی از قمرهای زحل، پوشیده از دهانه‌های برخوردی است. یکی از دهانه‌های برخوردی آن، به نام هرشل، قطری معادل ۱۳۰ کیلومتر، یک‌سوم قطر خود میماس دارد. شاید آن برخورد، بزرگ‌ترین برخوردی بوده که امکان داشته قمری به اندازه‌ی میماس تحمل کند و خُرد نشود.

دهانه‌های برخوردی چگونه شکل می‌گیرند؟

همه‌ی دهانه‌های برخوردی، چه روی زمین یا روی سیاره‌ها و قمرهای دیگر، یکسان شکل می‌گیرند. یک شهاب‌سنگ برخوردی مواد سطحی را در نقطه‌ی برخورد پراکنده می‌کند و دهانه‌ای می‌سازد. اندازه‌ی دهانه، به اندازه‌ی سنگ اصلی، جنس آن، سرعت و زاویه‌ی برخورد بستگی دارد. اگر سنگی فضایی به قطر ۵۰ متر با زمین برخورد کند، ممکن است دهانه‌ای به قطر یک کیلومتر بسازد. در چنین برخوردی، گرمای انفجار، بیش‌تر سنگ فضایی را تبخیر یا تکه‌های ریز آن‌را در اطراف پراکنده می‌کند. در نتیجه، در اغلب گودال‌های برخوردی، تکه‌سنگ بزرگی از شهاب‌سنگ اولیه باقی نمی‌ماند.

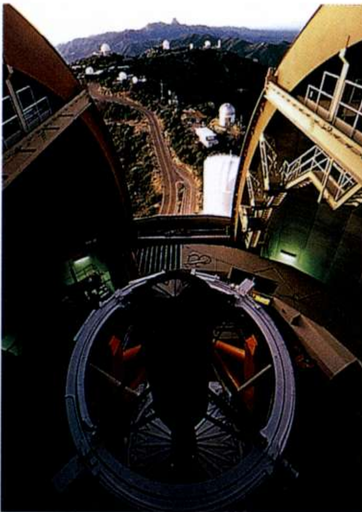






دهانه‌های هِن‌بری

دهانه‌های هن‌بری گروهی از ۱۱ دهانه در شمال استرالیا هستند که برخی از کوچک‌ترین دهانه‌های روی زمین را شامل می‌شوند. میدان دهانه‌های هِن‌بری از یک سر تا سر دیگر، یک کیلومتر پهنا دارد. به‌نظر می‌رسد این دهانه‌ها بر اثر برخورد شهاب‌سنگی به‌وجود آمده‌اند که کمتر از ۵هزار سال پیش، در جوّ زمین شکسته است. قطر کوچک‌ترین دهانه ۶ متر است. شهاب‌سنگ‌های هن‌بری، که نمونه‌ی معروفی در دنیا هستند، در سراسر منطقه‌ی برخورد و بیابان اطراف به تعداد بسیار زیادی پیدا شده‌اند.



جست‌وجوی سنگ‌های فضایی

تلسکوپ‌های قدرت‌مند به دنبال سیارک‌هایی می‌گردند که احتمالاً در مسیر خود به نزدیکی زمین می‌آیند. تلسکوپ‌هایی مانند رصدخانه‌ی کیت‌پیک در آریزونای ایالات متحده اجسامی به قطر یک کیلومتر را ردیابی می‌کنند.



برخورد تونگوسکا

لزومی ندارد که سنگ‌های فضایی حتماً با زمین برخورد کنند تا اثر نابود کننده‌ای بر جای بگذارند. در سی‌ام ژوئن سال ۱۹۰۸، در فاصله‌ی ۶ کیلومتری از سطح زمین در جوّ، انفجاری بر فراز ناحیه‌ی بی‌سکنه‌ی رودخانه‌ی تونگوسکا در سیبری رخ داد. این انفجار حاصل ازهم‌پاشیدگی قطعه‌ی کوچکی از یک دنباله‌دار یا یک سیارک بود که در ناحیه‌ای ۳۰ کیلومتری، درختان را از ریشه درآورد. صدای آن هم تا فاصله‌ی هزار کیلومتری شنیده شد. در چند کیلومتری کانون انفجار، دریاچه‌ای گودال‌مانند وجود دارد که برخی بر این باورند تکه‌ای از جسم تونگوسکا آن را ساخته است.



اندازه‌ی مکان برخورد تونگوسکا در مقایسه با شهر نیویورک

برخوردهایی با زمین

- زمین و دیگر سیاره‌ها و قمرهای جوان از ۴/۶میلیارد تا ۳/۸میلیارد سال پیش با سنگ‌های فضایی برجای مانده از شکل‌گیری منظومه‌ی شمسی، بمباران می‌شدند.
- ۶۵میلیون سال پیش، سنگی به اندازه‌ی یک کوه ۱۰ کیلومتری با زمین برخورد کرد و دهانه‌ی ۲۰۰ کیلومتری چیکخولوب را ساخت که حالا زیر خط ساحلی مکزیک قرار دارد. خیلی‌ها فکر می‌کنند پی‌آمدهای این برخورد به انقراض نسل دایناسورها منجر شده است.
- دهانه‌های برخوردی، هنوز هم گاهی روی زمین شکل می‌گیرند. در فوریه‌ی سال ۱۹۴۷، بیست‌وسه تُن قطعه سنگ در کوهستان سیخوته‌آلین سیبری سقوط کرد و دهانه‌هایی تا قطر ۲۶ متر ساخت.

بیش‌تر بدانیم

تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰، قمرها زحل ۱۵۲
سیارک‌ها ۱۶۶، شهاب‌سنگ‌ها ۱۶۸

دهانه‌های روی زمین

دهانه‌های برخوردی در هر قاره‌ای روی زمین پیدا می‌شوند؛ اما در بخش‌هایی از استرالیا، اروپا، و آمریکای شمالی بیش‌ترند. این اتفاق به دلیل سقوط شهاب‌سنگ‌های بیش‌تر در این نواحی نیست؛ بلکه به این سبب است که سطح این نواحی کمتر تغییر یافته و دهانه‌ها سالم‌تر باقی مانده‌اند. کوچک‌ترین دهانه‌ها، قطری حدود چند متر دارند و قطر بزرگ‌ترین دهانه‌ی روی خشکی، ۱۴۰ کیلومتر است. بیش‌تر دهانه‌های بسیار بزرگ بیش از ۵۰میلیون سال پیش شکل گرفته‌اند.



دهانه‌های مانیکوآگان

فضانوردانی که دور زمین در گردش‌اند، می‌توانند دهانه‌ی مانیکوآگان، یکی از بزرگ‌ترین دهانه‌های برخوردی را در کانادا تشخیص دهند. دو دریاچه‌ی نیم‌دایره‌ای شکل، محدوده‌ی خارجی دهانه را به قطر ۱۰۰ کیلومتر می‌سازد.

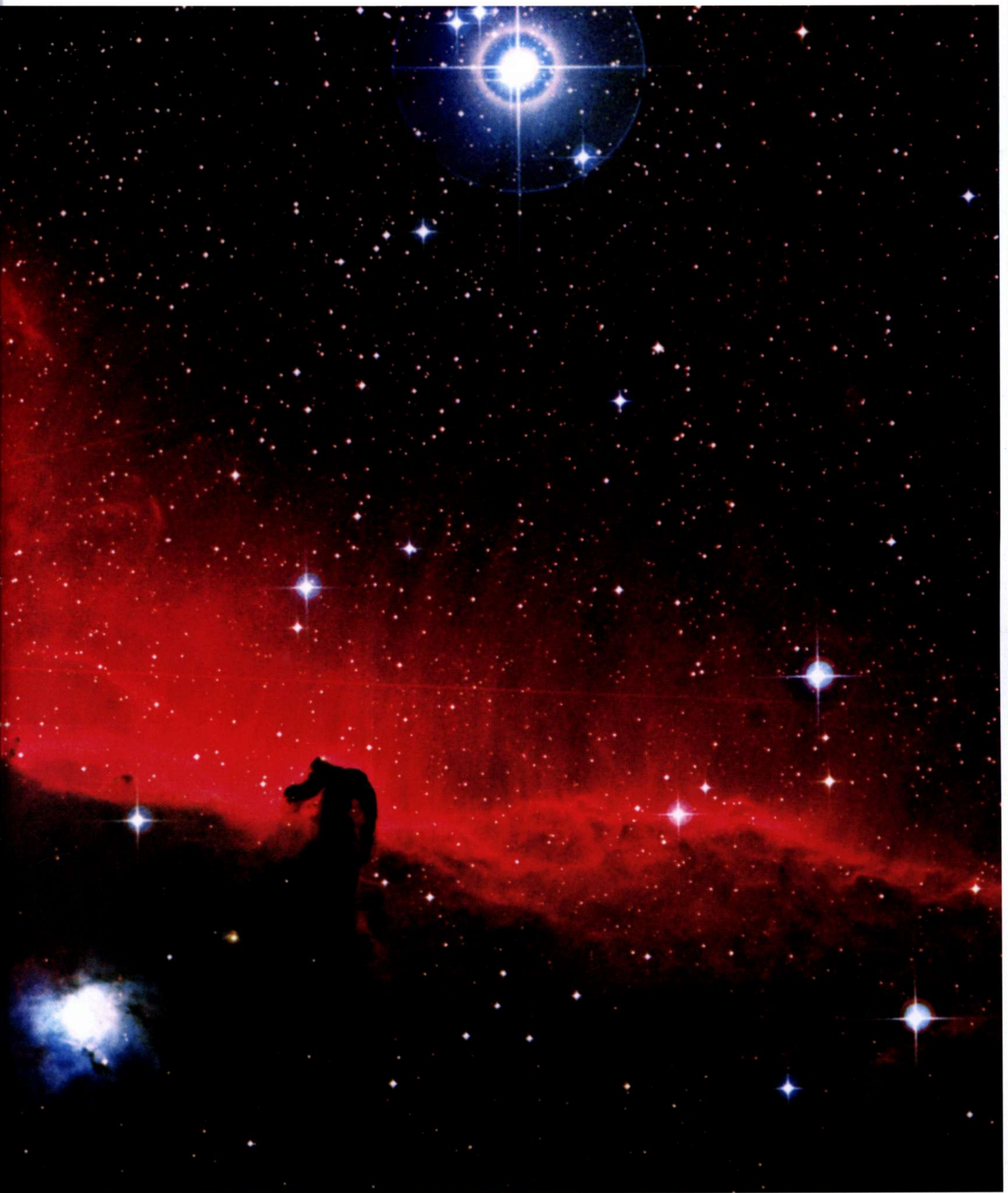


دهانه‌ی برخوردی، آریزنا، ایالت متحده



دهانه‌ی بارینجِر

این دهانه‌ی عظیم و دست‌نخورده در کویر آریزونا در ایالات متحده، از سال ۱۸۷۱ شناخته شده است. این دهانه حدود ۵۰هزار سال پیش، با برخورد شهاب‌سنگی آهنی به قطر حدود ۵۰ متر با زمین، شکل گرفته است. قطر این دهانه ۱/۲ کیلومتر است و لبه‌ی برآمده‌ی آن ۴۵ متر بلندتر از کویر اطراف آن است.



ستارگان

برای اخترشناسان حرفه‌ای، ستاره‌ها بخشی از یک آزمایشگاه عظیم طبیعی به‌شمار می‌روند. زمانی که فیزیک‌دانان اتمی در شتاب‌دهنده‌ی ذرات، به آزمایش رفتار ماده می‌پردازند، اخترفیزیک‌دانان به وضعیتی بسیار پُرانرژی‌تر در دل ستاره‌ای دوردست یا در نزدیکی یک سیاه‌چاله دست‌رسی دارند. ستاره‌ها، که سال‌های نوری دورتر از ما، در کیهان پراکنده‌اند، بهترین بستر برای آزمایش نظریه‌های علمی درباره‌ی رفتار موادی هستند که روی زمین حتی نمی‌توانیم به آن‌ها نزدیک شویم. ما و همه‌ی آن‌چه روی زمین است، از همین مواد ساخته شده‌ایم.

ستاره‌ها زنده‌اند؛ آن‌ها به‌دنیا می‌آیند، زندگی می‌کنند و می‌میرند. ستاره‌ی ما، خورشید، نیز همین‌طور است. خورشید اکنون در نیمه راه عمر ۱۰میلیارد ساله‌ی خود قرار دارد و سرانجام روزی خواهد مرد و زمین هم به همراه آن از بین خواهد رفت. اما ستاره‌ها مانند ققنوس، آن پرنده‌ی افسانه‌ای هستند که از خاکسترشان نسل بعدی ستاره‌ها و سیاره‌ها و حتی سنگ بناهای حیاتی دوباره زاده می‌شود.

درون خورشید

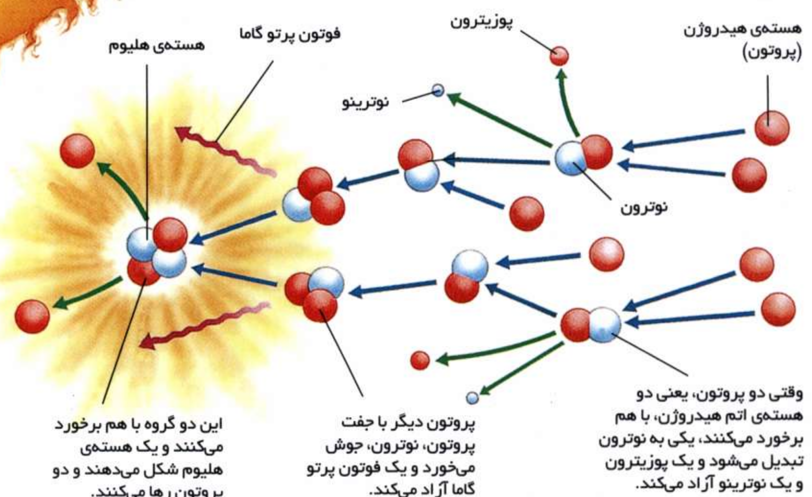
نزدیک‌ترین ستاره به ما، خورشید، کره‌ی عظیمی از گاز داغ است. قطر آن ۱۰۹ برابر زمین و جرمش بیش از ۳۰۰هزار برابر زمین و ۷۴۵ برابر جرم همه‌ی سیاره‌های منظومه‌ی شمسی است. بدون پرتوهای حرارت‌بخش و دائم خورشید، حیات روی زمین به‌وجود نمی‌آمد. منشأ حرارت خورشید کوره‌ای هسته‌ای در اعماق زیر سطح این ستاره است. ۴/۶میلیارد سال است که در این کوره، سوخت هسته‌ای به انرژی تبدیل می‌شود و تقریباً همین مقدار زمان هم از عمرش باقی است.



ساختار خورشید

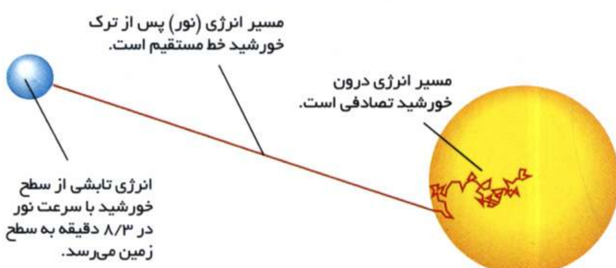
انرژی خورشید در مرکز بسیار داغ آن، با دمای ۱۵میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد تولید می‌شود. مرکز خورشید آن‌قدر داغ است که اتم‌های گاز متلاشی می‌شوند و فقط هسته‌ی لخت آن‌ها باقی می‌ماند. انرژی تولیدشده در لایه‌های بالاتر، از مناطق تابشی و هم‌رفتی عبور می‌کند و به سطح یا نورسپهر می‌رسد و از آن‌جا به‌صورت نور مرئی و تابش فروسرخ خورشید را رها می‌کند. این پرتوها در راه خود از میان جوّ داغ و رقیق خورشید، که میلیون‌ها کیلومتر در فضا گسترده شده است، عبور می‌کنند و برخی از طول موج‌های نور در این لایه‌ها جذب می‌شوند.

هم‌جوشی هسته‌ای هیدروژن



سفر یک فوتون

صدها هزار سال طول می‌کشد تا یک فوتون نور از مرکز خورشید به سطح آن برسد. برخورد این ذره با ذرات گاز به تغییرهای تصادفی در مسیر آن منجر می‌شود. در هر برخورد، فوتون انرژی از دست می‌دهد و ممکن است به چند فوتون دیگر تبدیل شود. این فوتون، که سفر خود را از مرکز به صورت پرتو گاما آغاز کرده بود، از سطح خورشید به صورت پرتو نور مرئی خارج می‌شود.

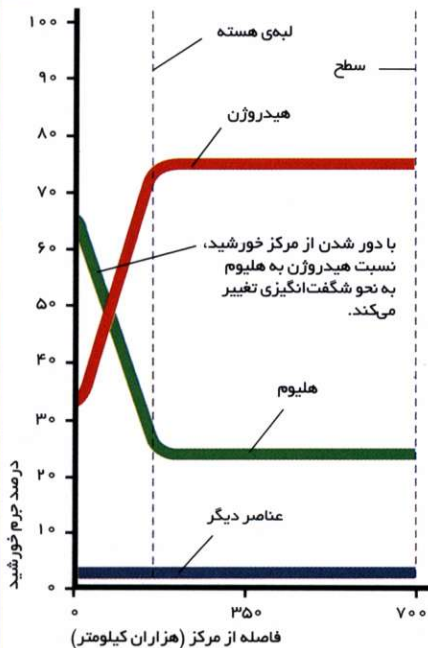


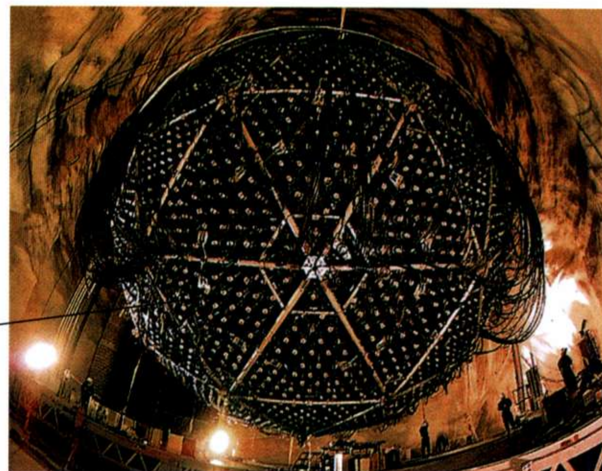
واکنش‌های هسته‌ای

در مرکز خورشید، با تبدیل هیدروژن به هلیوم، در حین واکنش هم‌جوشی هسته‌ای، انرژی رها می‌شود. در واکنشی چند مرحله‌ای، چهار هسته‌ی هیدروژن (پروتون) به‌هم جوش می‌خورند تا یک هسته‌ی هلیوم بسازند. از این فرآیند، ذراتی به نام پوزیترون و نوترینو همراه با بسته‌های انرژی تابشی، به نام فوتون‌های پرتو گاما، رها می‌شوند. آن‌ها پرانرژی‌ترین تابش نوری هستند و در مسیر رسیدن به سطح خورشید، بارها جذب و دوباره نشر می‌شوند و سرانجام در طول موج‌های گوناگون و کم‌انرژی‌تری از سطح تابش می‌شوند.

ترکیبات خورشید

لایه‌های خارجی خورشید ۷۳درصد هیدروژن، ۲۵درصد هلیوم و ۲درصد عناصر دیگر است. در مرکز، که در هر ثانیه بیش از ۶۰۰میلیون تُن هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود، مقدار هیدروژن فقط حدود ۳۴درصد و مقدار هلیوم حدود ۶۴درصد است.

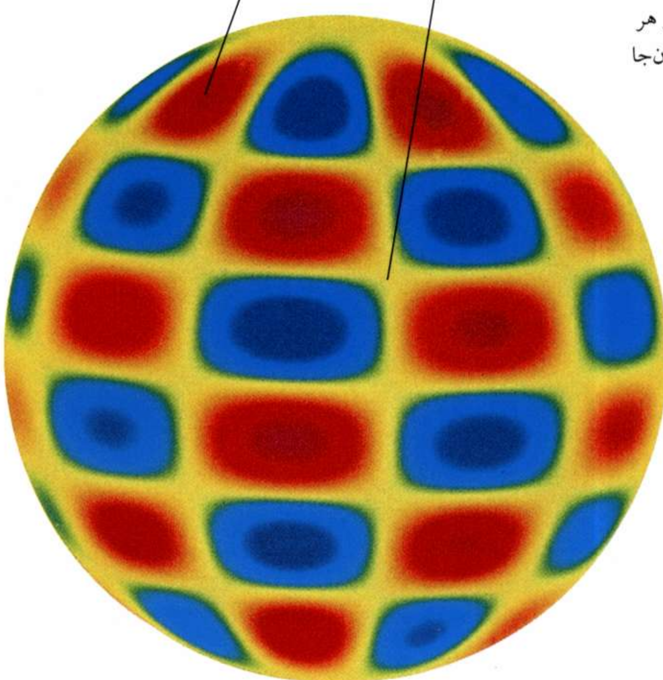




رصدخانه‌ی نوترینو ساودبری در اونتاریو، کانادا

نوترینوهای خورشیدی

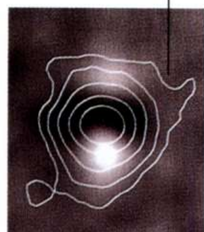
نوترینوها در واکنش هسته‌ای در مرکز خورشید تولید می‌شوند و سپس در فضا سفر می‌کنند. بیش‌تر این ذرات روح‌مانند، از میان زمین و از بدن تک‌تک ما نیز عبور می‌کنند؛ اما تعداد کمی از آن‌ها را می‌توان با تلسکوپ نوترینو آشکار کرد. رصدخانه‌ی نوترینوی ساودبری در کانادا، ۲ کیلومتر زیر سطح زمین ساخته شده است تا از ورود پرتوهای کیهانی و هر پرتو و ذره‌ی دیگری به آن جلوگیری شود. اگر اثر پرتویی در آن‌جا ثبت شود، فقط ممکن است از نوترینوها باشد. اما اخترشناسان شگفت‌زده‌اند؛ زیرا نصف تعدادی که انتظار داشتند، نوترینوی خورشیدی یافته‌اند.

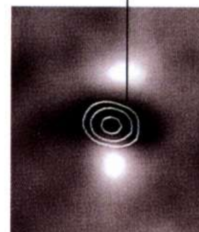


تصویر رایانه‌ای از الگوهای نوسانی خورشید

نوسان‌های خورشیدی

نورسپهر، سطح خورشید، بر اساس الگوهای پیچیده‌ای بالا و پایین می‌رود. بیش‌تر این ارتعاش‌ها یا نوسان‌های خورشیدی، در اثر امواج صوتی شکل می‌گیرند. این اصوات زیر سطح، در منطقه‌ی هم‌رفتی، تولید و همان‌جا زندانی می‌شوند. دانشمندان می‌توانند با نقشه‌برداری دقیق از الگوهای ارتعاشی نورسپهر، به ساختار درونی خورشید پی ببرند.





خورشیدلرزه

ممکن است برخی نوسان‌های خورشیدی به سبب خورشیدلرزه باشند. این‌ها موج‌ضربه‌هایی هستند که از لبه‌ی سلول‌های هم‌رفتی، جریان‌های آشفته‌ی گاز داغ، در همه جای خورشید پراکنده می‌شوند. انرژی‌ای که این امواج ضربه حمل می‌کنند، با انرژی‌ای که از انفجار ۱/۲میلیارد تُن مواد منفجره‌ی قوی رها می‌شود، برابر است.

تحولات نظریه‌های خورشید

• در اوایل قرن نوزدهم، برخی دانشمندان بر این باور بودند که خورشید توده‌ی عظیمی از زغال در حال سوختن است. برخی تصور می‌کردند سطح خورشید پوشیده از کوه‌های آتش‌فشانی است یا در اثر برخورد شهاب‌سنگ‌ها با سطح آن گرم مانده است.



خورشید به شکل توده‌ای زغال مشتعل

• در سال ۱۸۵۴، فیزیک‌دان آلمانی هرمان فون هلمهولتز (۱۸۹۴ - ۱۸۲۱)، در نظریه‌ای اعلام کرد که دلیل گرم بودن خورشید منقبض شدن آن در اثر وزن خودش است.

• دانشمندان در دهه‌ی ۱۹۲۰ دریافتند که واکنش‌های هسته‌ای عامل تولید حرارت در خورشید است.

• در سال ۱۹۳۸، دو فیزیک‌دان آلمانی، هانس بته (۲۰۰۵ - ۱۹۰۶) و کارل فون وایتس زکر (۲۰۰۷ - ۱۹۱۲)، به‌طور جداگانه به این موضوع پی بردند که چگونه درون خورشید هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود.

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی پرتو گاما ۳۶
تلسکوپ‌های عجیب ۴۰
سطح خورشید ۱۷۶، جو خورشید ۱۷۸
ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸
چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰

شناسنامه

فاصله از زمین	۱۴۷/۱ میلیون کیلومتر
قطر	۱/۴ میلیون کیلومتر
جرم (زمین = ۱)	۳۳۰۰۰۰
چگالی متوسط (آب = ۱)	۱/۴۱
درخشندگی	۳۹۰ کوبین تیلیون (10^{18}) مگاوات
دمای متوسط سطحی	۵۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد
دمای مرکز	۱۵ میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد
دوره‌ی تناوب چرخش	۲۵/۴ روز (در استوا)
سن	۴/۶ میلیارد سال

سطح خورشید

قرص مرئی خورشید یا آنچه سطح خورشید فرض می‌کنیم، نورسپهر نام دارد. انرژی‌ای که از واکنش هسته‌ای درون خورشید رها می‌شود، پس از هزاران سال طی کردن مسیری از مرکز خورشید به بالا، سرانجام به صورت پرتو نوری از نورسپهر، به فضا پراکنده می‌شود. ۴۰۰ سال پیش، که گالیله نخستین بار خورشید را از درون تلسکوپ رصد کرد، با دیدن علائم تیره‌ای بر سطح درخشان آن شگفت‌زده شد. این لکه‌های خورشیدی، در اثر میدان‌های مغناطیسی درون خورشید ایجاد می‌شوند.

دانه‌دانه شدن سطح به سبب وجود سلول‌های هم‌رفتی، همان جریان‌های چرخان گاز داغ است؛ درست مثل سوپی که می‌جوشد. قطر دانه‌ها حدود هزار کیلومتر است.

فرش مغناطیسی شامل حلقه‌های مغناطیسی است که از سراسر سطح خورشید بیرون زده‌اند.

زبانه

امواج ضربه‌ای حاصل از یک شراره، در سطح پراکنده می‌شوند.

شراره‌ها، انفجارهایی در لایه‌های پایینی جوّ هستند.

زبانه، توده‌ای از گاز در حال چرخش در جوّ خورشید است.

رشته‌ها زبانه‌هایی هستند که در لبه‌ی خورشید قرار نگرفته‌اند و در برابر سطح درخشان، تیره دیده می‌شوند.

مشعل‌ها نواحی داغ و سفیدی هستند که پیش و پس از لکه‌های خورشیدی ظاهر می‌شوند.

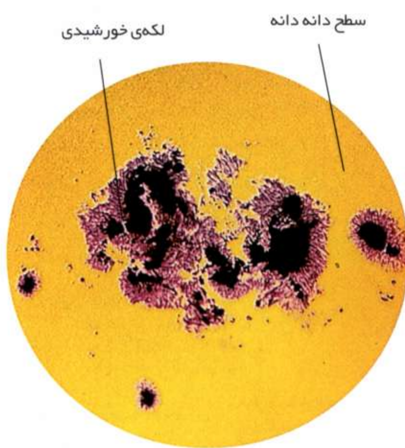
سیخک‌های بزرگ در نزدیکی قطب‌های خورشید ظاهر می‌شوند و چهار بار بیش‌تر از اندازه‌ی سیخک‌ها در فضا کشیده می‌شوند.

سیخک‌ها فوران‌های گازی‌اند.

گروه لکه‌های خورشیدی

نور سپهر

نورسپهر مانند سطح زمین جامد و سخت نیست؛ بلکه دریای خروشانی از گاز تابان به عمق ۵۰۰ کیلومتر و نشان دهنده‌ی جریان‌های گاز داغ و کدری است که از درون خورشید بالا می‌آیند. این گازها در نورسپهر شفاف می‌شوند و به این ترتیب، نور به فضا پراکنده می‌شود. دما در پایین نورسپهر، به ۸۵۰۰ درجه و در بالای آن به ۴۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسند. دمای متوسط سطح خورشید ۵۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد است. اخترشناسان، با تحلیل نورِ نورسپهر به کمک یک طیف‌نگار، می‌گویند که خورشید بیش‌تر از هیدروژن و هلیوم تشکیل شده است.



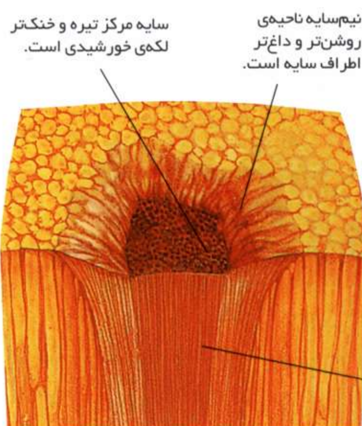
نمای نزدیکی از یک لکه‌ی خورشیدی

لکه‌های خورشیدی

لکه‌های تیره یا لکه‌های خورشیدی، پیوسته بر سطح نورسپهر ظاهر می‌شوند. ابعاد آن‌ها متنوع است؛ از لکه‌های کوچک، به نام روزنه گرفته که قطرشان کمتر از هزار کیلومتر است تا مجموعه‌هایی به نام گروه لکه‌ها که گاه تا ۱۰۰هزار کیلومتر، ۸ برابر قطر زمین، هم گسترده می‌شوند. ممکن است عمر لکه‌های خورشیدی، از چند ساعت تا چند هفته باشد.

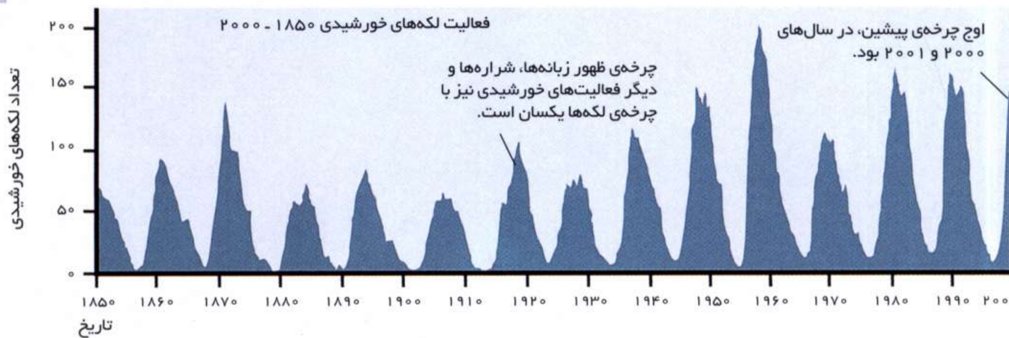
ساختار لکه‌های خورشیدی

لکه‌های خورشیدی حفره‌هایی با عمق کم در نورسپهرند که در آن‌جا تجمع میدان‌های مغناطیسی قوی، جریان‌های هم‌رفتی گاز داغ را زیر سطح متوقف می‌کند تا به سطح نرسند. لکه‌های خورشیدی حدود ۱۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد از سایر بخش‌های نورسپهر خنک‌ترند و فقط به این سبب که اطرافشان بسیار درخشان است، تیره به‌نظر می‌رسند. اگر آن‌ها را به تنهایی می‌دیدیم، سرخ درخشان بودند.



چرخه‌ی لکه‌های خورشیدی

تعداد لکه‌های خورشیدی در چرخه‌ای ۱۱ ساله، افزایش و کاهش می‌یابد. نخستین لکه‌های هر چرخه، در عرض‌های دورتر از استوا دیده می‌شوند. تعداد آن‌ها به تدریج بیش‌تر می‌شود و بیش‌تر و بیش‌تر به استوا نزدیک می‌شوند تا چرخه به اوج خود برسد. شاید این چرخه به این سبب ایجاد می‌شود که بخش‌های گوناگون سطح خورشید، با سرعت‌های متفاوتی می‌چرخد و موجب می‌شود نوارهای فعالیت مغناطیسی به سوی استوا کشیده شوند. آخرین کمینه‌ی خورشیدی در سال ۲۰۰۶ رخ داد و پیش‌بینی می‌شود بیشینه‌ی بعدی فعالیت خورشیدی، سال ۲۰۱۱ یا ۲۰۱۲ باشد.

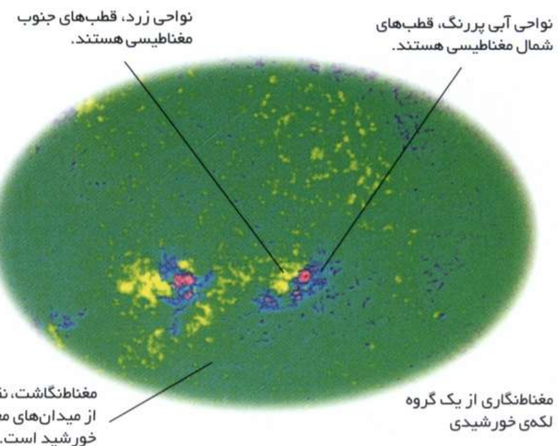


فعالیت‌های خورشید بر آب و هوا

برخی دانشمندان تصور می‌کنند که فعالیت‌های خورشید بر آب و هوای زمین تأثیر می‌گذارد، به این ترتیب که دوران‌های آب و هوای خنک‌تر، به کم شدن فعالیت‌های خورشیدی بستگی دارد. یکی از چنین دوره‌هایی بین سال‌های ۱٦٤٥ تا ۱۷۱۵ اتفاق افتاد که خورشید تقریباً هیچ لکه‌ای نداشت و به‌نظر می‌رسید چرخه‌ی لکه‌های خورشیدی متوقف شده است. در نتیجه، شمال اروپا وارد دوره‌ای از آب و هوای سرد و غیر عادی شد که به عصر یخ کوچک مشهور شده است.



رودخانه‌ی تیمز، لندن، دوران عصر یخ کوچک



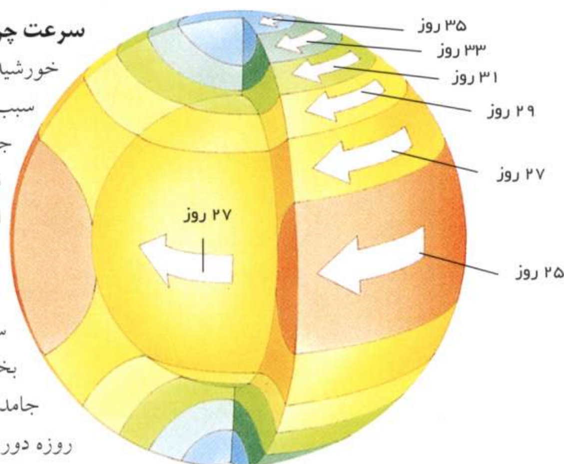
مغناطنگاری از یک گروه لکه‌ی خورشیدی

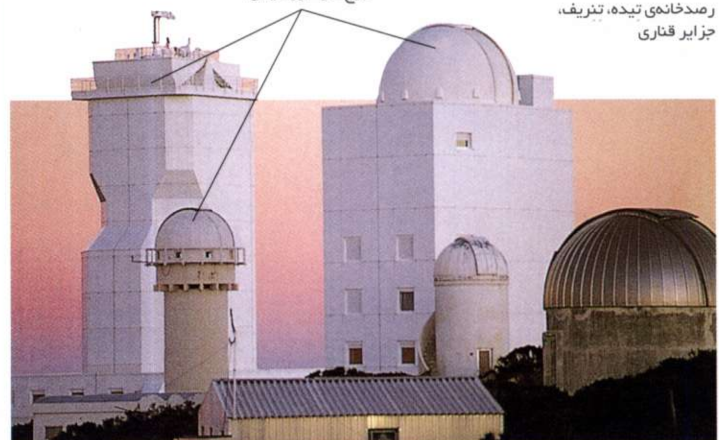
لکه‌های خورشیدی مغناطیسی

لکه‌های خورشیدی در نواحی‌ای پدیدار می‌شوند که فعالیت مغناطیسی بسیار شدید است و به نواحی فعال مشهورند. میدان‌های مغناطیسی درون خورشید به سبب سرعت‌های متفاوت چرخش سطح خورشید، بسیار آشفته و درهم هستند. جریان‌های آشفته‌ی گاز در نورسپهر، موجب شکل‌گیری حلقه‌های مغناطیسی می‌شود که از سطح بیرون می‌زنند و لکه‌ها را شکل می‌دهند. یک انتهای این حلقه‌ی مغناطیسی قطب شمال و انتهای دیگرش قطب جنوب است.

سرعت چرخش

خورشید کره‌ای گازی است؛ به این سبب، همه‌ی بخش‌های آن مانند یک جسم جامد، با سرعت یکسانی نمی‌چرخد. یک دور چرخش استوای خورشید تقریباً ۲۵ روز و نواحی قطبی ۳۵ روز طول می‌کشد. نحوه‌ی نوسان یا لرزش سطح خورشید نشان می‌دهد که بخش درونی خورشید، مانند توپی جامد، با دوره‌ی تناوب چرخش ۲۷ روزه دور خود می‌چرخد.





رصدخانه‌ی تیده، تنریف، جزایر قناری

تلسکوپ‌های خورشیدی

تلسکوپ‌های خورشیدی رصدخانه‌ی تلسکوپی نور مرئی است که خورشید را با آینه‌ای متحرک (به نام هلیوستات) بر فراز یک برج دنبال می‌کند. هلیوستات نور خورشید را از درون لوله‌ای عمودی و ثابت به سوی ابزارهای اندازه‌گیری در سطح زمین بازتاب می‌کند. در برخی برج‌های خورشیدی، خلأ حاکم است و هوا بیرون رانده شده است تا حرارت خورشید، هوا را گرم و آشفته نکند و تصویر خراب نشود.

رصدخانه‌های خورشیدی

نام	مکان	نوع	رصدها
رصدخانه‌ی خورشیدی بیگ‌بِر	ایالات متحده	نور مرئی	نواحی فعال
گُنگ (گروه شبکه‌ی جهانی نوسان‌ها) GONG	شش مکان در تمام دنیا	نور مرئی	نوسان‌های خورشیدی
رصدخانه‌ی خورشیدی کامیوکانده	ژاپن	نوترینو	نوترینوی خورشیدی
تلسکوپ خورشیدی کیت‌پیک	ایالات متحده	نور مرئی	لکه‌های خورشیدی، طیف
خورشیدنگار رادیویی نوبیاما	ژاپن	رادیویی	نواحی فعال
رصدخانه‌ی قله‌ی ساکرامِنتو	ایالات متحده	نور مرئی	تاج خورشید
رصدخانه‌ی نوترینو ساودبری	کانادا	نوترینو	نوترینوهای خورشید
برج خورشیدی مونت ویلسون	ایالات متحده	نور مرئی	لکه‌ها و نواحی فعال
رصدخانه‌ی تِیده (مجموعه‌ی رصدخانه‌ی خورشیدی)	جزایر قناری	نور مرئی	مغناطنگاری، لکه‌ها، و نواحی فعال
تلسکوپ خورشیدی سوئدی (دقیق‌ترین در جهان)	جزایر قناری	نور مرئی	لکه‌ها و نواحی فعال (مجهز به اُپتیک سازگار)
تلسکوپ خورشیدی فن‌آوری پیش‌رفته (ATST)	هاوایی	نور مرئی	به قطر ۴ متر، بزرگ‌ترین تلسکوپ خورشیدی که در سال ۲۰۱۳ آماده می‌شود

بیش‌تر بدانیم

تحلیل نور ۲۴، درون خورشید ۱۷۴، جوّ خورشید ۱۷۸، ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸
چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰، اخترشناسی در روز ۲٦٦

جوّ خورشید

نورسپهر یا سطح درخشان و خیره‌کننده‌ی خورشید، مانع دیدن جوّ کم‌فروغ آن می‌شود. فقط در حین کسوف کلی، که ماه نور خورشید را سد می‌کند، جوّ آن به وضوح از زمین دیده می‌شود. جوّ خورشید از دو منطقه‌ی اصلی تشکیل شده است: فام‌سپهر و تاج. این نواحی اغلب با فوران‌ها و انفجارهای عظیمی به نام زبانه‌ها و شراره‌ها، به لرزه درمی‌آیند. به دلایلی که هنوز اخترشناسان به درستی درک نکرده‌اند، تاج بسیار داغ‌تر از نورسپهر است. به همین سبب، جوّ خورشید با آهنگ یک میلیون تُن در هر ثانیه در فضا بخار می‌شود.

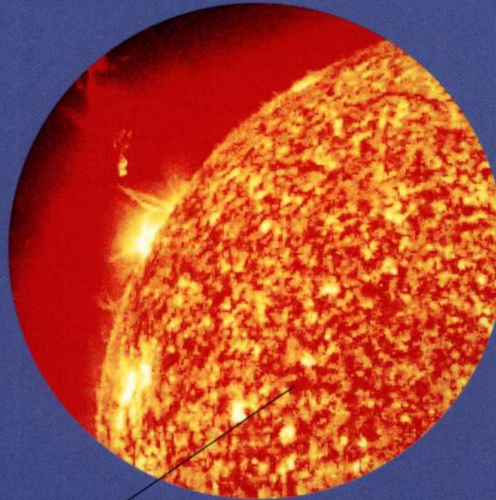
زبانه‌های خورشیدی

زبانه‌ها

ابرها و ورقه‌های عظیمی از گاز یا زبانه‌ها، از فام‌سپهر تا ارتفاع صدها هزار کیلومتری به داخل تاج کشیده می‌شوند. میدان‌های مغناطیسی بر فراز گروه لکه‌های خورشیدی به این زبانه‌ها شکل حلقه‌ای یا قوسی می‌دهند. ممکن است این گازها به صورت باران بر فام‌سپهر ببارند یا به فضا فوران کنند.

فام‌سپهر

درست بالای نورسپهر، فام‌سپهر قرار دارد که لایه‌ای کم‌چگال‌تر از گاز هیدروژن و هلیوم به قطر ۵هزار کیلومتر است. دمای فام‌سپهر در نزدیکی نورسپهر حدود ٤هزار درجه است؛ اما جایی که به مرز تاج می‌رسد، دما هم تا چند صدهزار درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. فوران‌های درون‌سوز گاز یا سیخک‌ها، از فام‌سپهر به تاج پرتاب می‌شوند. آن‌ها از لبه‌ی سلول‌های عظیم هم‌رفتی بلند می‌شوند؛ جایی که گاز داغ از درون خورشید بلند می‌شود و سپس به زیر سطح بازمی‌گردد.



این تصویر فرابنفش از فام‌سپهر را فضاپیمای سوهو گرفته است.

خورشیدگرفتگی کلی



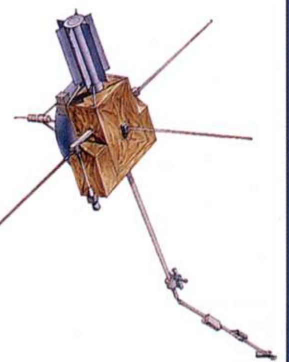
چگالی تاج خورشید کمتر از یک تریلیونیوم (یک میلیون میلیونیوم) جوّ زمین است.

در حین کسوف کلی، تاج مانند هاله‌ای سفیدرنگ دیده می‌شود که گاه می‌توان در آن رشته‌ها، حلقه‌ها و جریان‌هایی تماشا کرد.

فضاپیماهای خورشیدی



سوهو



اولیس



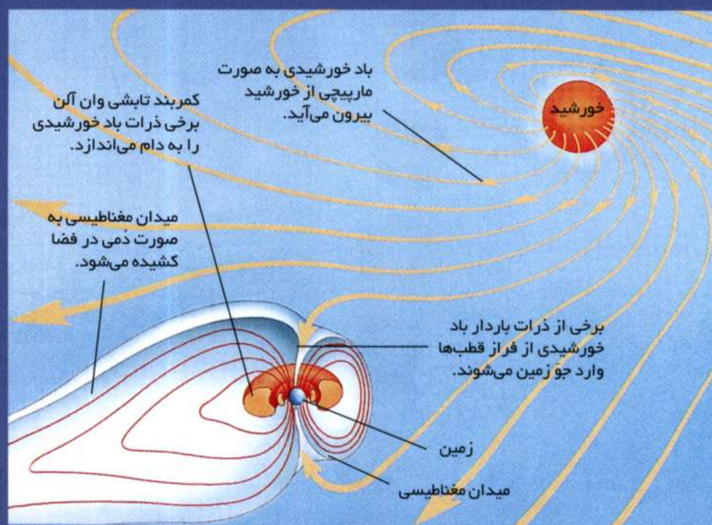
تریس

- اولیس فضاپیمای مشترک سازمان فضایی اروپا (اسا) و ناساست که در سال ۱۹۹۰ برای بررسی باد خورشیدی پرتاب شد. مدار آن به‌گونه‌ای است که از نواحی قطبی خورشید عبور می‌کند؛ جایی که جریان‌های ذرات پر سرعت را، که معمولاً از نزدیک زمین نمی‌گذرند، شکار می‌کند.
- سوهو (رصدخانه‌ی خورشیدی و خورشیدکره‌ای)، که در سال ۱۹۹۵ پرتاب شد، فضاپیمای مشترک اسا و ناساست که برای رصد تاج و نوسان‌های خورشید طراحی شده است. این رصدخانه حدود ۱/۵ میلیون کیلومتر از زمین فاصله دارد.
- تریس (کاوش‌گر تاج و منطقه‌ی گذار)، متعلق به ناساست که در سال ۱۹۹۸، برای بررسی تاج و مرز گذار و تغییر شدید دما میان فام‌سپهر و تاج پرتاب شد.
- استریو، جفت فضاپیمای ناساست که در سال ۲۰۰۶ پرتاب شد. یکی از آن دو یک میلیون کیلومتر جلوتر و دیگری یک میلیون کیلومتر عقب‌تر از زمین، سیاره‌ی ما را در مدار خود دنبال می‌کنند. آن‌ها به بررسی خورشید با دید استریو و سه بُعدی و شناخت تأثیر فعالیت‌های خورشیدی بر زمین می‌پردازند.
- اینودی (طلوع) رصدخانه‌ی خورشیدی ژاپن در سال ۲۰۰۶ پرتاب شد و حاوی بزرگ‌ترین تلسکوپ خورشیدی ایکس و مرئی است که تاکنون به فضا رفته است. این رصدخانه طیف‌سنجی در پرتو فرابنفش دارد.



باد خورشیدی

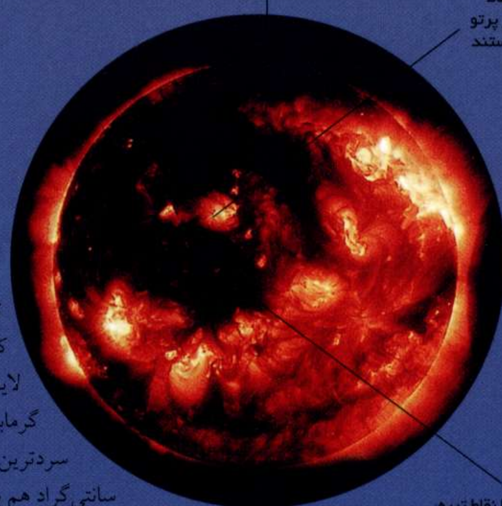
باد خورشیدی جریانی از ذرات پرتاب شده از خورشید است؛ از جمله الکترون‌ها و پروتون‌ها و میدان‌های مغناطیسی و جریان‌های الکتریکی منشأ آن‌ها که از تاج خورشید به سوی فضا جریان دارد. قدرت باد خورشیدی متغیر است و به شدت فعالیت‌های خورشیدی بستگی دارد. این باد تا ناحیه‌ای به نام خورسپهر یا خورشیدکره، که تا ۱۵میلیارد کیلومتری از خورشید گسترده شده، مؤثر است. باد خورشیدی با سرعت ۳۰۰ تا ۸۰۰ کیلومتر بر ثانیه از زمین عبور می‌کند. میدان مغناطیسی زمین بیش‌تر باد خورشیدی را منحرف می‌کند؛ اما بر اثر باد خورشیدی، سمت رو به خورشید میدانی فشرده دارد و آن‌سوی میدان مغناطیسی زمین، مانند دُمی در فضا کشیده می‌شود.



باد خورشیدی و میدان مغناطیسی زمین

شفق‌های قطبی

شفق‌های قطبی، بازی‌های خیره‌کننده‌ی نورهای رنگارنگ‌اند که گاه در آسمان نواحی قطبی زمین و عرض‌های بسیار شمالی یا جنوبی دیده می‌شوند. آن‌ها بر فراز قطب‌های مغناطیسی زمین و زمانی رخ می‌دهند که ذرات باد خورشیدی، در میدان مغناطیسی زمین به دام می‌افتند و با ملکول‌های هوا در جوّ بالایی زمین برخورد می‌کنند. هر رنگی در شفق‌های قطبی، نشان‌دهنده‌ی یونیده شدن گاز عنصر خاصی در جوّ زمین است.



تاج

تاج بلافاصله پس از فام‌سپهر آغاز می‌شود و میلیون‌ها کیلومتر در فضا کشیده شده است. تاج خارجی‌ترین لایه‌ی جوّ خورشید است و چون دورترین منطقه از کوره‌ی گرمابخش مرکز خورشید است، تصور می‌شود که باید سردترین بخش باشد. اما ممکن است دمای آن به ۳میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد هم برسد. با وجود این، بسیار کم‌فروغ است؛ زیرا گاز تاج بسیار رقیق است. حباب‌هایی، که شامل میلیاردها تُن گازند، گاه از تاج به فضا فوران می‌کنند و موج‌ضربه‌هایی به درون باد خورشیدی می‌فرستند.

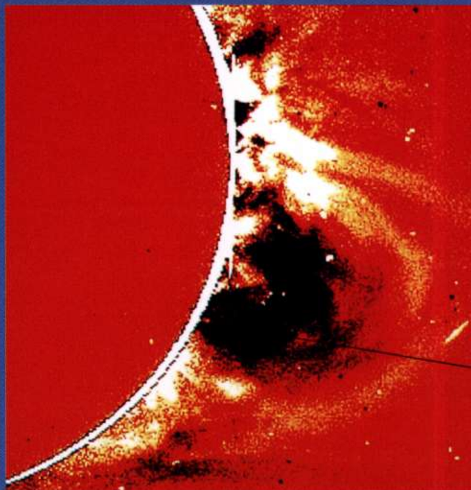
فام‌سپهر و زبانه‌ها را می‌توان در حین کسوف کلی به صورت حلقه‌ای باریک و صورتی رنگ دور قرص ماه دید.

گاز هیدروژن داغ سبب می‌شود که فام‌سپهر در نور مرئی صورتی به نظر برسد.

در کسوف کلی، قرص تیره‌ی ماه، قرص خورشید را کاملاً می‌پوشاند و نواحی خارجی‌تر جوّ خورشید نمایان می‌شود.

شراره‌ها

شراره‌های خورشیدی، انفجارهای شدید در فام‌سپهر و بر فراز گروه لکه‌های خورشیدی هستند که به سبب رها شدن انرژی مغناطیسی، ایجاد می‌شوند. این پدیده، فورانی از ذرات پُرانرژی و تابش‌هایی را به فضا می‌فرستد که ممکن است در برخورد با یون‌کره‌ی زمین (لایه‌ی باردار جوّ زمین)، ارتباطات رادیویی روی زمین را مختل کند. به‌علاوه، امکان دارد این سیل ذرات، در فضا به فضانوردان آسیب برساند.



بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی فرابنفش ۳۲
اخترشناسی پرتو ایکس ۳۴
گرفت‌های خورشید ۱۸۰

گرفت‌های خورشید

ماه، در مدار ۲۷ روزه‌ی خود به دور زمین، گاه درست از جلو خورشید می‌گذرد و ما روی زمین، اگر در مسیر سایه‌ی آن قرار بگیریم، خورشیدگرفتگی می‌بینیم. در یکی از باشکوه‌ترین مناظر زیبای طبیعت، قرص تیره‌ی ماه به تدریج روی قرص خورشید می‌خزد. هر سال از نقاط گوناگون زمین، بین ۲ تا ۵ خورشیدگرفتگی (کسوف) متفاوت دیده می‌شود که اغلب به صورت جزیی‌اند. زمانی که ماه فقط بخشی از خورشید را می‌پوشاند، کسوف جزیی رخ می‌دهد که نسبت به کسوف کلی از مناطق بسیار بیش‌تری دیده می‌شود. زمانی که قرص خورشید کاملاً پنهان می‌شود، کسوف‌های کلی فقط از ناحیه‌ی باریکی از سطح زمین، درست در مسیر سایه‌ی ماه، دیده می‌شوند.

تصویری با چند بار نوردهی از مراحل کسوف کلی بر فراز رصدخانه‌ی موناکی هاوایی.

در مرحله‌ی جزیی کسوف، به‌نظر می‌رسد که بخشی از قرص خورشید گاز زده و کنده شده است.

اخطار: چه در حالت عادی و چه در حین کسوف، هرگز مستقیم به خورشید نگاه نکنید. زیرا نور شدید آن به چشم آسیب می‌زند. کسوف را باید با صافی‌های مخصوص خورشیدی یا به روش غیر مستقیم تماشا کرد. فقط در هنگام کسوف کلی، نور آن به اندازه‌ای کم می‌شود که بتوان با چشم، زیبایی تاج و آسمان تاریک شده را دید.

زمانی که زمین و ماه در نزدیک‌ترین فاصله از یک‌دیگرند و خورشید در دورترین فاصله از زمین است، امکان دارد کسوف کلی تا ۷/۵ دقیقه طول بکشد، اما گرفت کلی معمولاً خیلی کوتاه‌تر است.

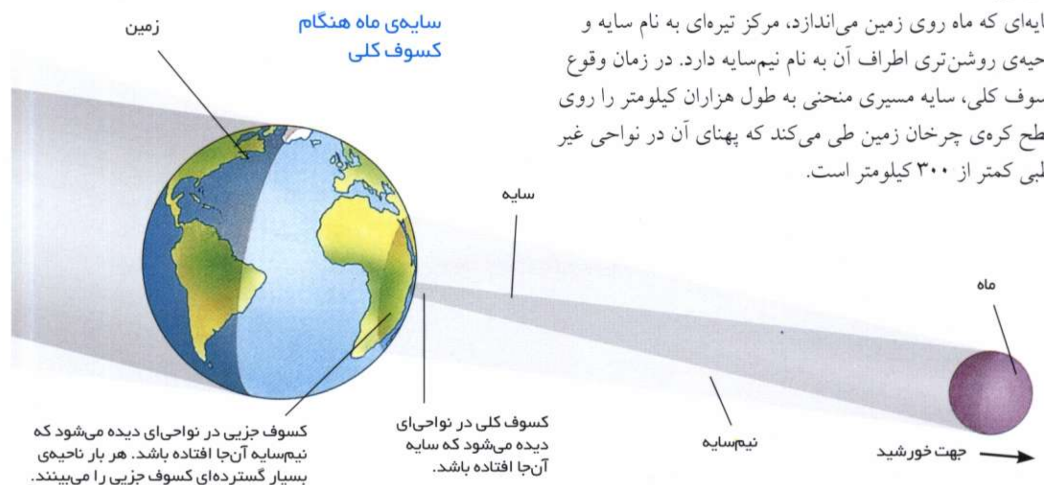
در چند دقیقه‌ی کسوف کلی، قرص خورشید کاملاً پشت قرص ماه پنهان می‌شود.

با طی شدن مراحل کسوف، بخش‌های بیش‌تر و بیش‌تری از خورشید پنهان می‌شود.

این کسوف صبح زود، با طلوع خورشید، آغاز شد.

سایه‌ی ماه

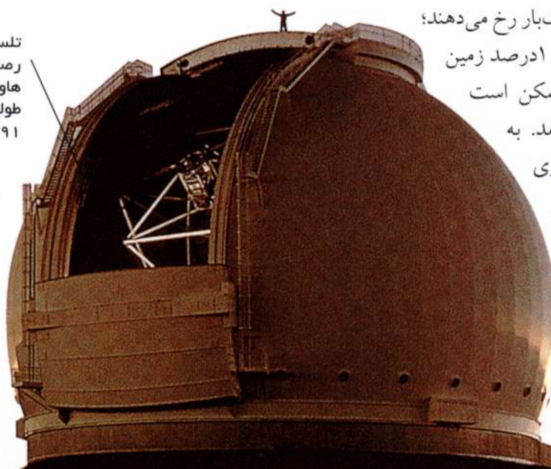
سایه‌ای که ماه روی زمین می‌اندازد، مرکز تیره‌ای به نام سایه و ناحیه‌ی روشن‌تری اطراف آن به نام نیم‌سایه دارد. در زمان وقوع کسوف کلی، سایه مسیری منحنی به طول هزاران کیلومتر را روی سطح کره‌ی چرخان زمین طی می‌کند که پهنای آن در نواحی غیر قطبی کمتر از ۳۰۰ کیلومتر است.



کسوف کلی

تصادفاً اندازه‌ی ظاهری قرص ماه در آسمان زمین، با اندازه‌ی ظاهری قرص خورشید برابر است؛ زیرا خورشید، که تقریباً ۴۰۰ بار بزرگ‌تر از ماه است، ۴۰۰ بار نیز دورتر است. بنابراین، زمانی که این دو در یک خط قرار می‌گیرند، ماه کاملاً روی خورشید را می‌پوشاند. خورشید پنهان، آسمان تاریک و ستاره‌ها نمایان می‌شوند. فام‌سپهر صورتی و تاج سفید خورشید در اطراف قرص تیره‌ی ماه می‌درخشند. مدت کسوف کلی، یعنی زمانی که خورشید پوشیده است، بیش از هر متغیر دیگری به فاصله‌ی ماه از زمین بستگی دارد. هرچه ماه نزدیک‌تر باشد، کسوف طولانی‌تر است.

کسوف‌های کلی هر یکی دو سال یک‌بار رخ می‌دهند؛ اما هر بار سایه‌ی ماه فقط کسری از ۱درصد زمین را زیر تاریکی خود می‌برد که ممکن است بیش‌تر آن نیز در اقیانوس رخ دهد. به طور میانگین، هر نقطه‌ی خاص روی زمین در حدود هر ۳۶۰ سال یک‌بار شاهد یک کسوف کلی است. به همین سبب، کسوف‌جویان و خورشیدشناسان، چاره‌ای جز سفر کردن به مسیر باریک کسوف برای دیدن خورشیدگرفتگی‌های پیاپی ندارند.



تلسکوپ کک در رصدخانه‌ی موناکی هاوایی. یک کسوف کلی طولانی در ژوئیه‌ی سال ۱۹۹۱ در آن‌جا رخ داد.



کسوف در آسمان ایران

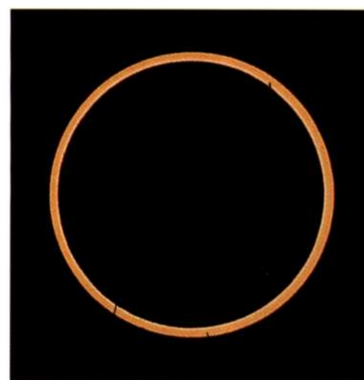
پس از گرفت ۱۷ ثانیه‌ای دوم آبان ۱۳۷۴ و گرفت به‌یاد ماندنی بیستم مرداد ۱۳۷۸، که کمتر از ۲ دقیقه بود، ایران تا آخرین ساعات اسفند سال ۱۴۱۲ (بیستم مارس ۲۰۳۴) میزبان خورشیدگرفتگی کلی نخواهد بود. در این مدت، از جمله در چهاردهم دی ۱۳۸۹ و دوازدهم آبان ۱۳۹۲، بارها کسوف‌های جزیی در آسمان ایران رخ خواهد داد.

کسوف حلقوی

وقتی ماه در دورترین فاصله نسبت به زمین قرار دارد، اندازه‌ی آن در آسمان به اندازه‌ی کافی بزرگ نیست که حین کسوف، قرص خورشید را به‌طور کامل بپوشاند. به این ترتیب، به جای کسوف کلی، کسوف حلقوی رخ می‌دهد. وقتی ماه دقیقاً جلو خورشید است، حلقه‌ی درخشانی از نورسپهر خورشید، مانند حلقه‌ی آتش، همچنان دور لبه‌ی ماه دیده می‌شود. امکان دارد کسوف‌های حلقوی تا ۱۲ دقیقه طول بکشند؛ اما در اغلب آن‌ها، تاج و فام‌سپهر پدیدار نمی‌شوند و آسمان نیز چندان تاریک نمی‌شود.



سایه‌ی ماه هنگام کسوف حلقوی

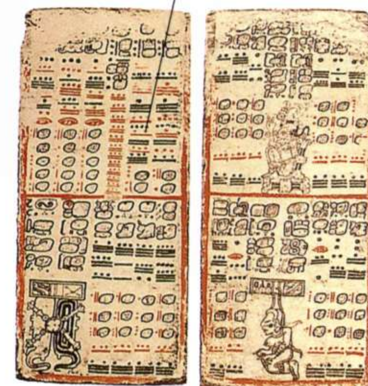


ماه کمی کوچک‌تر از خورشید دیده می‌شود.

حلقه‌ای درخشان در اطراف قرص ماه دیده می‌شود.

جدول‌های کسوف قوم مایا

منجمان تمدن باستانی مایا در آمریکای مرکزی، با محاسبات دقیق این جدول‌ها را تهیه کردند تا وقوع کسوف‌ها را پیش‌بینی کنند. پیش‌بینی گرفت‌ها را منجمان بابل در امپراتوری هخامنشی نیز در حدود ۲۵۰۰ سال پیش انجام می‌دادند.



پیش‌بینی کسوف‌ها

مردمان باستانی دریافته بودند که زمین، ماه و خورشید، در هر ۱۸ سال و ۱۱ روز دوباره تقریباً به موقعیت مشابه پیش می‌رسند. بابلی‌ها به آن دوره‌ی ساروس می‌گفتند. همین آگاهی آن‌ها را قادر می‌ساخت خورشید گرفتگی‌ها را، که در بسیاری از آیین‌های مذهبی باستانی مهم بودند، پیش‌بینی کنند. برای قوم مایا در آمریکای مرکزی، کسوف‌ها علائم شومی حاکی از رویدادی وحشتناک در آینده بودند. به همین سبب، در مراسم مذهبی قربانی می‌کردند تا از وقوع حادثه جلوگیری شود. گاهی نیز گرفت‌ها سبب خیر می‌شدند. جنگ ۵ ساله و خونین قوم ایرانی ماد با لودیه در ترکیه‌ی امروزی، در سال ۵۸۵ پیش از میلاد با وقوع کسوفی، که نشانه‌ی خشم خدایان قلمداد شد، به پایان رسید.

جلوه‌های کسوف

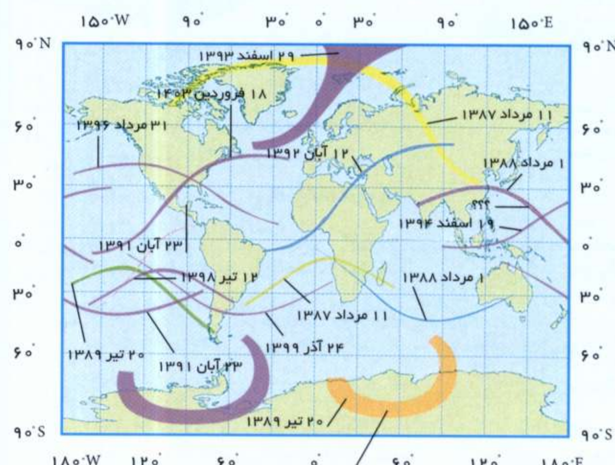
درست چند ثانیه پیش یا پس از مرحله‌ی کلی کسوف، باریکه‌ی نور خورشید در حال پنهان شدن یا در حال نمایان شدن، از میان پستی و بلندی‌ها و کوهستان‌های لبه‌ی ماه می‌درخشد. گاه در این لحظه، نقطه‌ی نور بسیار درخشان و زیبایی به نام حلقه‌ی الماس، شکل می‌گیرد. گاهی هم قوسی از نقاط درخشان کنار هم، مانند رشته‌ای مروارید، دیده می‌شود که آن‌ها را تسبیح‌دانه‌های بِیلی می‌نامند.

آخرین باریکه‌ی درخشان از قرص خورشید، مانند الماسی در حلقه‌ای که فام‌سپهر و تاج درونی ایجاد کرده است، دیده می‌شود.

حلقه‌ی الماس

کسوف‌های کلی از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۳

تاریخ	مدت	مکان دیده شدن
۱۱ مرداد ۱۳۸۷	۲ دقیقه و ۲۷ ثانیه	گرین‌لند، قطب شمال، روسیه، مغولستان، چین
۱ مرداد ۱۳۸۸	۶ دقیقه و ۳۹ ثانیه	هند، چین و اقیانوس آرام
۲۰ تیر ۱۳۸۹	۵ دقیقه و ۲۰ ثانیه	جنوب اقیانوس آرام، شیلی و آرژانتین
۲۳ آبان ۱۳۹۱	۴ دقیقه و ۲ ثانیه	استرالیا و جنوب اقیانوس آرام
۱۲ آبان ۱۳۹۲	حلقوی - کلی (۱ دقیقه و ۴۰ ثانیه)	اقیانوس اطلس و آفریقا
۲۹ اسفند ۱۳۹۳	۲ دقیقه و ۴۷ ثانیه	شمال اقیانوس اطلس و قطب شمال



مسیرها نشان می‌دهد که کسوف‌های کلی تا سال ۱۴۰۳ کجای زمین دیده می‌شوند.

اکتشاف‌های علمی در کسوف‌ها

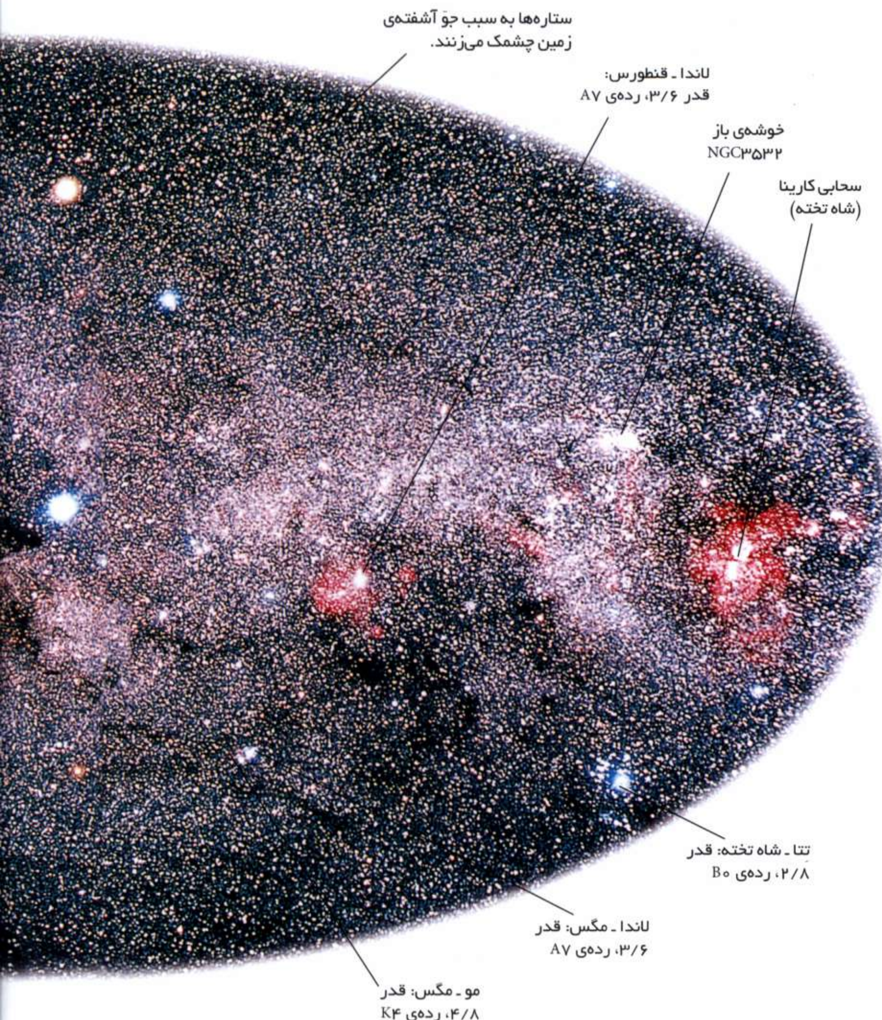
- اخترشناس انگلیسی، نورمَن لاکیر (۱۹۲۰ - ۱۸۳۶)، حین کسوفی کلی در سال ۱۸۶۸، گاز ناشناخته‌ای را در فام‌سپهر خورشید شناسایی کرد. او نام این گاز را هلیوم گذاشت که از واژه‌ی یونانی هِلیوس، به معنی خورشید آمده بود. هلیوم تا سال ۱۸۹۵ روی زمین کشف نشد.
- سِر آرتور اِدینگتون با استفاده از کسوف کلی سال ۱۹۱۹، نظریه‌ی آلبرت اینشتین را، که پیش‌بینی می‌کرد نور ستاره‌های دوردست به سبب گرانش خورشید منحرف می‌شوند، اثبات کرد. حین کسوف، او موقعیت ستاره‌های نزدیک در آسمان را سنجید و نشان داد که خورشید نور آن‌ها را اندکی منحرف کرده است. اینشتین در نظریه‌ی نسبیت عام خود این موضوع را پیش‌بینی کرده بود.

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴، زمین ۱۰۲، ماه ۱۱۰، درون خورشید ۱۷۴، سطح خورشید ۱۷۶، جو خورشید ۱۷۸
مدار زمین ۲۶۴، اخترشناسی در روز ۲۶۶

اندازه‌های ستاره‌ها

از آن‌جا که هنوز نمی‌توانیم به خارج از منظومه‌ی شمسی سفر کنیم، باید تا جایی که می‌توانیم، از راه دور درباره‌ی ستاره‌ها اطلاعاتی به‌دست بیاوریم. اخترشناسان فقط باریکه‌ی نور ستاره‌ها را در اختیار دارند و با تحلیل همین نور ضعیف، می‌توانند درخشندگی، رنگ و دمای ستاره‌ها را دریابند. آنان با شکستن نور ستاره‌ها به رنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها، یعنی با طیف‌سنجی، می‌توانند دریابند که ستاره‌ها از چه موادی تشکیل شده‌اند و سرعت چرخش آن‌ها چه‌قدر است. اخترشناسان با تعیین دقیق موقعیت آن‌ها، می‌توانند پیش‌بینی کنند که ستاره‌ها هزاران سال پس از امروز به کجای آسمان می‌رسند و در فضا چگونه حرکت می‌کنند.



آسمان پُرستاره

در یک شب تاریک و پُرستاره، می‌توانیم تا ۲۵۰۰ ستاره را با چشم غیر مسلح ببینیم. آن‌ها به چشم ما کمی بیش از نقاط چشمک‌زن می‌آیند؛ برخی درخشان‌تر از دیگران هستند، برخی در خوشه‌هایی دور هم جمع شده‌اند و این‌جا و آن‌جا، ستاره‌ای قرمز یا آبی خودنمایی می‌کند. همه‌ی آن‌چه درباره‌ی ستاره‌ها می‌دانیم، از بررسی نور آن‌ها آموخته‌ایم. می‌دانیم که خورشیدهایی بسیار دوردست‌اند و مانند خورشید ما، انرژی خود را از انرژی هسته‌ای تأمین می‌کنند. می‌دانیم که چه‌طور متولّد می‌شوند، چگونه زندگی می‌کنند و به چه ترتیبی می‌میرند. اخترشناسان ستاره‌ها را بر اساس درخشندگی (قدر) و رنگ آن‌ها (رده‌ی طیفی)، طبقه‌بندی می‌کنند.

قدر

اخترشناسان میزان روشنایی جرم‌های آسمانی را با واحد قدر بیان می‌کنند. هرچه عدد قدر کوچک‌تر باشد، ستاره پرنورتر است. درخشان‌ترین ستاره‌ها، قدرهای منفی دارند. در شبی تاریک، کم‌نورترین ستاره‌ای که با چشم غیر مسلح دیده می‌شود، حدود قدر ٦ است. هر پله در مقیاس قدر، نشان‌دهنده‌ی ۲/۵ بار کاهش یا افزایش درخشندگی است.

رده‌های طیفی

رنگ هر ستاره به دمای آن بستگی دارد: داغ‌ترین ستاره‌ها آبی ـ سفید و خنک‌ترین‌ها نارنجی ـ قرمزند. این قانون طبیعت است. هرچه جسم تابان داغ‌تر باشد، آبی‌تر و هرچه سردتر باشد، سرخ‌تر می‌درخشد؛ درست مانند سوزنی که روی اجاق گرم می‌کنیم. اخترشناسان ستاره‌ها را به هفت رده‌ی طیفی طبقه‌بندی کرده‌اند: O، B، A، F، G، K، M، که در این میان، رده‌ی O داغ‌ترین و رده‌ی M خنک‌ترین (قرمزترین) است. هر رده‌ی طیفی به ۱۰ زیررده تقسیم می‌شود که از صفر تا ۹ (داغ‌ترین تا خنک‌ترین) شماره‌گذاری شده است. خورشید از رده‌ی G۲ است.

رده‌ی O (۴۰٫۰۰۰ تا ۲۹٫۰۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد)

رده‌ی B (۲۸٫۰۰۰ تا ۹٫۷۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد)

رده‌ی A (۹٫۶۰۰ تا ۷٫۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد)

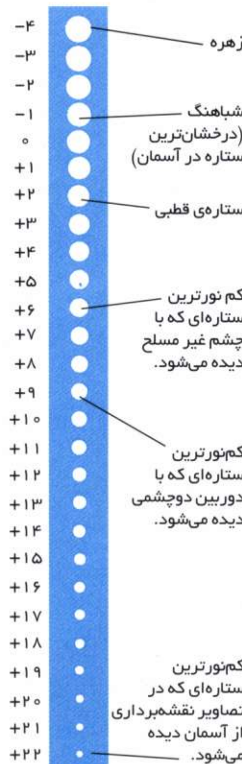
رده‌ی F (۷٫۱۰۰ تا ۵٫۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد)

رده‌ی G (۵٫۷۰۰ تا ۴٫۷۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد)

رده‌ی K (۴٫۶۰۰ تا ۳٫۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد)

رده‌ی M (۳٫۲۰۰ تا ۲٫۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد)

مقیاس قدر



درخشان‌ترین ستاره‌ها

نام	قدر	رده‌ی طیفی	فاصله به سال نوری
شباهنگ	۱/۴- (ستاره‌ی دوتایی)	A۱، کوتوله‌ی سفید	۸/۶
سهیل	۰/۶-	F۰	۳۱۳
آلفا ـ قنطورس	۰/۳- (ستاره‌ی سه تایی)	G۲، K۱، M۵	۴/۴
سماک رامح	۰/۰	K۲	۳۶/۷
نسر واقع	۰/۰	A۰	۲۵/۳
عیوق	۰/۱ (ستاره‌ی دوتایی)	G۲، G۶	۴۲/۲
رجل الجبار	۰/۲	B۸	۷۷۳
شعرای شامی	۰/۴ (ستاره‌ی دوتایی)	F۵، کوتوله‌ی سفید	۱۱/۴
آخرالنهر	۰/۵	B۳	۱۴۴
یدالجوزا	۰/۵ (ستاره‌ی متغیر)	M۲	۴۲۷

بیش‌تر بدانیم

تحلیل نور ۲۴، تابش‌هایی از فضا ۲۶، درون خورشید ۱۷۴
ستاره‌ها چه‌قدر دورند؟ ۱۸۶، ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸، چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰

تحلیل طیفی

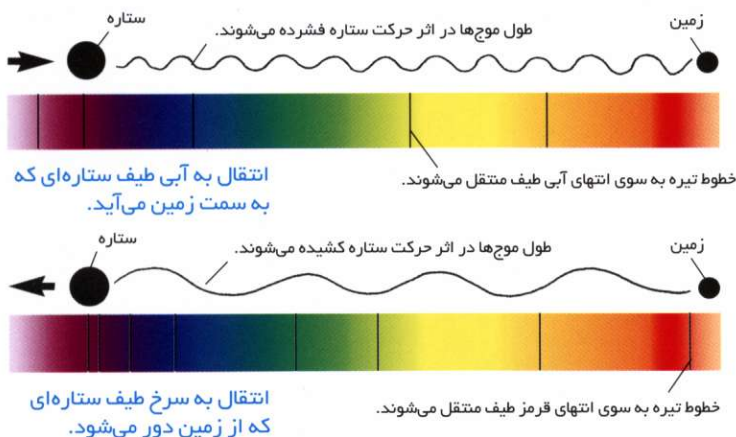
نور از امواج الکترومغناطیس با طول موج‌های گوناگون تشکیل شده است. طیف‌نگار، نور ستاره را به طول موج‌های گوناگون می‌شکند و نواری از رنگ‌ها می‌سازد که نام آن طیف است. عناصر جوّ ستاره‌ها، نور را در برخی طول موج‌ها جذب می‌کند و خطوط تیره‌ی جذبی روی طیف به جا می‌گذارد. هر عنصر الگوی متفاوتی از خطوط ارائه می‌دهد. اخترشناسان با بررسی این خطوط روی طیف، درمی‌یابند که ستاره از چه عناصری تشکیل شده است.



در این طیف، خطوط تیره‌ی مربوط به سه عنصر دیده می‌شوند.

اثر دوپلر

طول موج‌های خطوط تیره در طیف یک ستاره، تحت تأثیر حرکت ستاره قرار می‌گیرند. این اثر را اثر دوپلر می‌نامند. حرکت ستاره به سوی زمین، طول موج‌ها را کوتاه و خطوط را کمی به سوی انتهای آبی طیف منتقل می‌کند (انتقال به آبی). حرکت ستاره در جهت دور شدن از زمین، طول موج‌ها را بلند و خطوط را کمی به سوی انتهای قرمز طیف منتقل می‌کند (انتقال به سرخ). اخترشناسان با اندازه‌گیری این تغییرات جزیی در طول موج‌ها، می‌توانند سرعت ستاره را در امتداد خط دید ما محاسبه کنند.

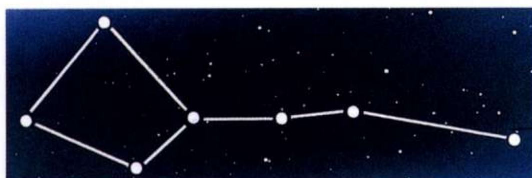


انتقال به آبی طیف ستاره‌ای که به سمت زمین می‌آید.

انتقال به سرخ طیف ستاره‌ای که از زمین دور می‌شود.

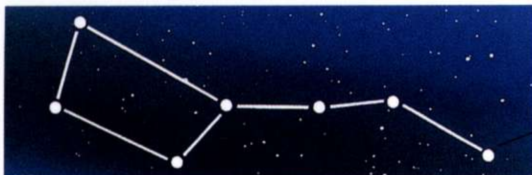
حرکت ویژه

ستاره‌ها آن‌قدر دورند که معمولاً متوجه حرکت آن‌ها در فضا نمی‌شویم. بخشی از این حرکت فضایی، که روی کره‌ی آسمان تصویر می‌شود، حرکت ویژه نام دارد و به‌تدریج، شکل صورت‌های فلکی را تغییر می‌دهد. اخترشناسان با تعیین دقیق موقعیت ستاره‌های یک صورت فلکی در طی چند سال، می‌توانند شکل گذشته و آینده‌ی آن صورت فلکی را حدس بزنند.



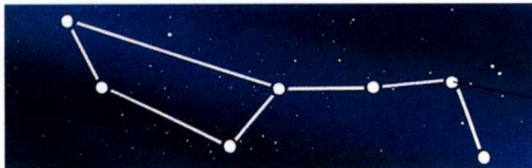
ملاقه‌ی دب اکبر صدهزار سال پیش.

دسته‌ی ملاقه بسیار صاف‌تر بود.



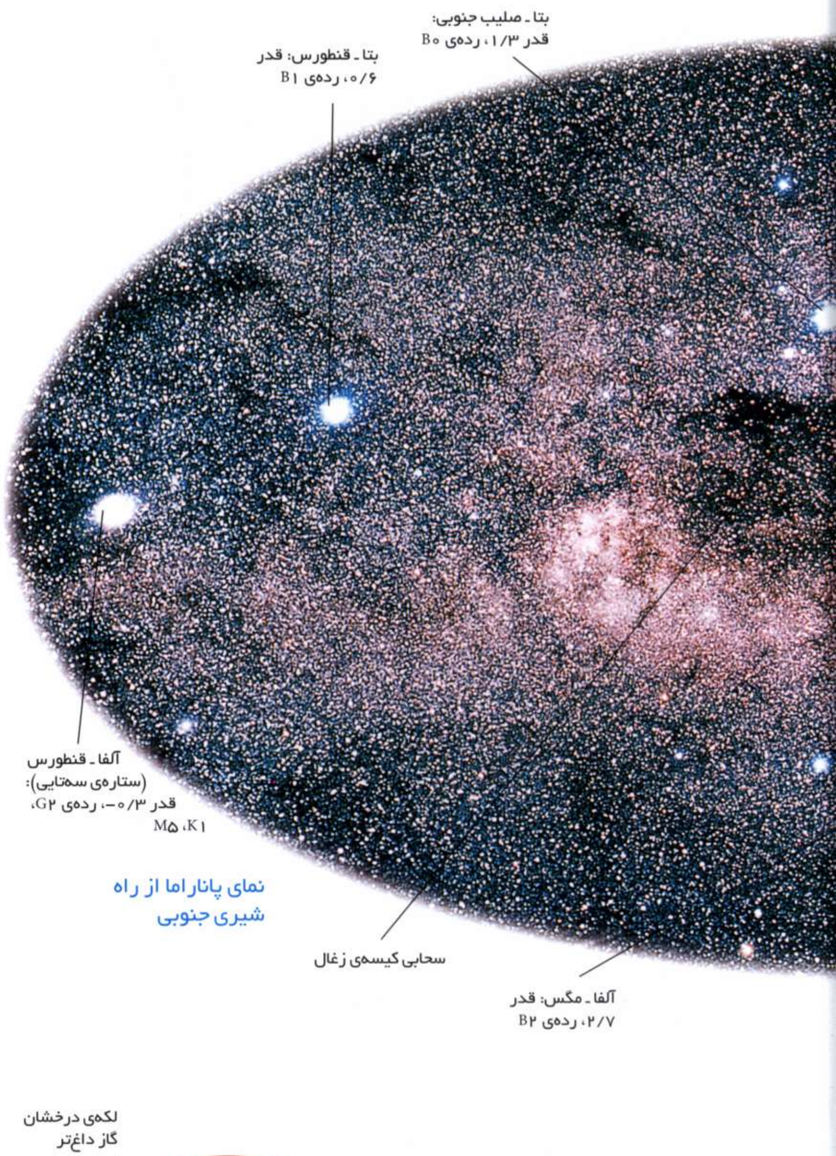
ملاقه، امروز

انتهای دسته شروع به پایین رفتن کرده است.

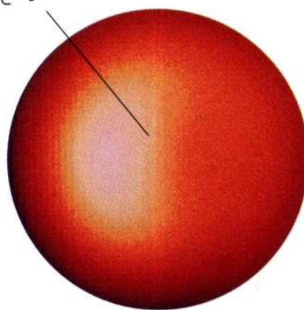


ملاقه صدهزار سال بعد

شکل ملاقه طی این ۲۰۰ هزار سال به وضوح تغییر کرده است.



نمای پاناراما از راه شیری جنوبی



عوارض سطحی

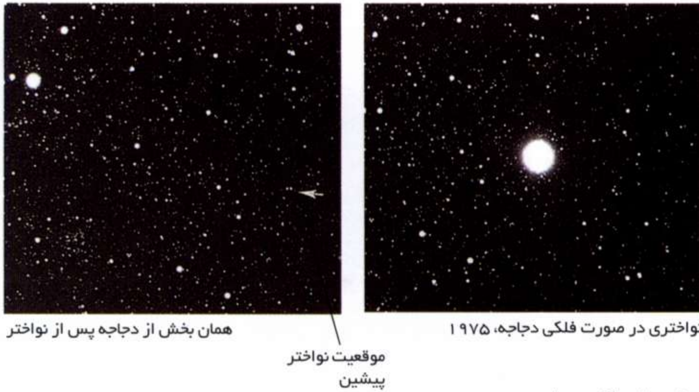
بیش‌تر ستاره‌ها آن‌قدر دورند که حتی با تلسکوپ‌های بزرگ هم نمی‌توان عوارضی روی سطح آن‌ها را تشخیص داد. اما در مورد برخی ستاره‌ها، آشکارسازی عوارض سطحی امکان‌پذیر است. در این تصویر از قرص ستاره‌ی اَبَرغول یَدالجوزا، لکه‌ای نورانی می‌بینید که ممکن است بالا آمدن گاز داغ به سطح ستاره باشد.

فهم ستاره‌ها

- مقیاس قدر برای تعیین روشنایی ستاره‌ها را اَبَرخُس یونانی حدود ۱۳۰ سال پیش از میلاد ابداع کرد.
- در سال ۱۷۱۸، ادموند هالی وقتی متوجه حرکت ستاره‌هایی شد که اَبَرخُس حدود ۱۳۰ سال پیش از میلاد ثبت کرده بود، حرکت ویژه را کشف کرد.
- در سال ۱۸۱۴، یوزف فوُن فرانهوفر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج، نور خورشید را تحلیل کرد. او دریافت که طیف خورشید پُر از خطوط تیره‌ی جذبی است.
- در سال ۱۸۶۸، ویلیام هاگینس با استفاده از اثر دوپلر دریافت که ستاره‌ی شباهنگ با سرعت ۴۷ کیلومتر بر ثانیه از خورشید (و ما) دور می‌شود.

ستاره‌های متغیر

ستاره‌ها، آن‌طور که به‌نظر می‌رسند، مدام و یک‌نواخت نمی‌درخشند. ستاره‌هایی را که روشنایی آن‌ها تغییر می‌کند، ستاره‌های متغیر می‌نامند. در برخی متغیرها، مانند تپنده‌ها، گرفتگی‌ها و چرخنده‌ها در تغییرهای خود، الگو یا دوره‌ی تناوب منظمی دارند. پیش‌بینی عمل دیگر متغیرها، مانند متغیرهای فورانی و فاجعه‌بار، مشکل‌تر است. تغییر روشنایی ستاره ممکن است به سبب تغییر در میزان نور ارسال شده از آن، یعنی تغییر در درخشندگی واقعی یا به سبب پوشیده شدن سطح ستاره با ابرهای غبار متحرک یا یک ستاره‌ی هم‌دم باشد. اخترشناسان با رسم نمودار یا منحنی نور روشنایی ستاره، درمی‌یابند که دلیل تغییر روشنایی در هر ستاره چیست.



نواختری در صورت فلکی دجاجه، ۱۹۷۵

همان بخش از دجاجه پس از نواختر

موقعیت نواختر پیشین

متغیرهای فاجعه‌بار

ستاره‌هایی که ناگهان دچار تغییرهای شدید و گاه به شدت درخشان می‌شوند، متغیرهای فاجعه‌بار نام دارند. آن‌ها شامل نواخترها، اَبَر نواخترها، و فوران‌های خاص هستند. نواختر زمانی رخ می‌دهد که یک ستاره‌ی کوتوله‌ی سفید در منظومه‌ای دوتایی، از هم‌دم خود گاز هیدروژن می‌رباید. گاز روی هم انباشته می‌شود تا یک انفجار هسته‌ای رخ دهد. در سال ۱۹۷۵، نواختری در صورت فلکی دجاجه رخ داد که موجب شد ستاره‌ی دوتایی مدت کوتاهی ۴۰میلیون بار درخشان‌تر شود.

اتا ـ شاه‌تخته و سحابی سوراخ کلید

در روزگار ما، بیش‌تر انرژی اتا ـ شاه‌تخته، به صورت تابش فروسرخ به ما می‌رسد؛ زیرا نور مرئی آن در پیله‌ی گاز و غبار اطراف جذب می‌شود.

سحابی بزرگ شاه‌تخته، به قطر حدود ۳۰۰ سال نوری، شامل سحابی سوراخ کلید است.

سحابی اتا ـ شاه‌تخته ستاره را در پوششی از غبار پوشانده است.

سحابی سوراخ کلید ابر تیره‌ای از گاز و غبار است که در پیش‌زمینه‌ی درخشان سحابی شاه‌تخته، تیره به‌نظر می‌رسد.

اتا ـ شاه‌تخته اَبَرغولی درخشان با جرم حدود ۱۰۰ برابر خورشید است؛ بنابراین، یکی از پُرجرم‌ترین ستاره‌های کهکشان به‌شمار می‌رود.

سحابی سوراخ کلید در فاصله‌ی حدود ۹هزار سال نوری قرار دارد.

اتا ـ شاه‌تخته

روشنایی ستاره‌ی اِتا ـ شاه‌تخته از سال ۱۶۷۷، که ادموند هالی آن را کشف کرد، تابه حال به نحو شگفت‌انگیزی تغییر کرده است. در اواسط قرن نوزدهم، این ستاره، که به قدر ۰/۸ـ رسیده بود، دومین ستاره‌ی پُرنور آسمان بود. اما ناگهان تا قدر ۶+ مرز دید چشم غیر مسلح اُفت روشنایی پیدا کرد. اِتا ـ شاه‌تخته ستاره‌ای بسیار پُرجرم و ناآرام است که در نیمه‌ی قرن نوزدهم با فورانی عظیم، ابر ضخیمی از گاز و غبار پوشاننده به بیرون پرتاب کرد که امروز به نام سحابی اِتا ـ شاه‌تخته مشهور است. این غبار متحرک و لایه‌های خارجی ناپایدار ستاره موجب تغییرات در درخشندگی آن می‌شوند. اِتا ـ شاه‌تخته یک ستاره‌ی متغیر فورانی است.

نور ستاره‌ی T ثور به طور نامنظم تغییر می‌کند.

درخشندگی سحابی متغیر هیند نیز با بازتاب نور متغیر ستاره‌ی T ثور تغییر می‌کند.

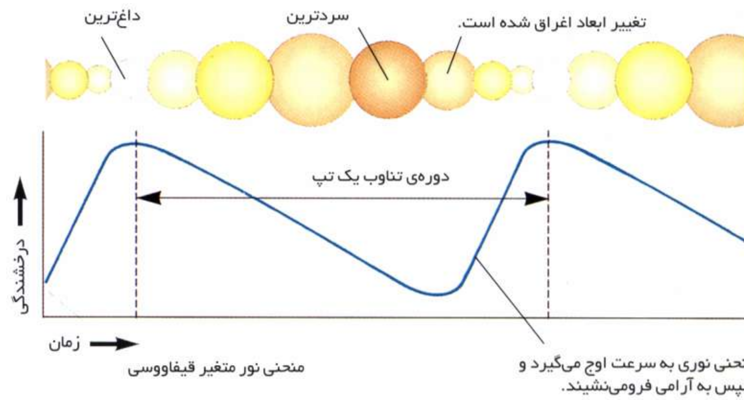


متغیرهای فورانی

ستاره‌هایی که بدون هیچ الگوی منظمی ناگهان درخشان و سپس ناپدید می‌شوند، متغیرهای فورانی نام دارند. این درخشندگی، در پی تغییرات شدیدی که در جوّ خارجی آن‌ها رخ می‌دهد، تغییر می‌کند. برخی ستاره‌ها ابری از گاز و غبار به بیرون پرتاب می‌کنند که پس از فورانی در روشنایی آن‌ها، به مرور محوشان می‌کند. بقیه، مانند ستاره‌های T ثوری، ستاره‌های نوزادند که هنوز در حال انقباض هستند تا به اندازه‌ی مناسب برسند. اما در همین حال، بادهای ستاره که از آن می‌وزند، گاز و غبار پیله‌ی پیش‌ستاره را پراکنده می‌کنند.

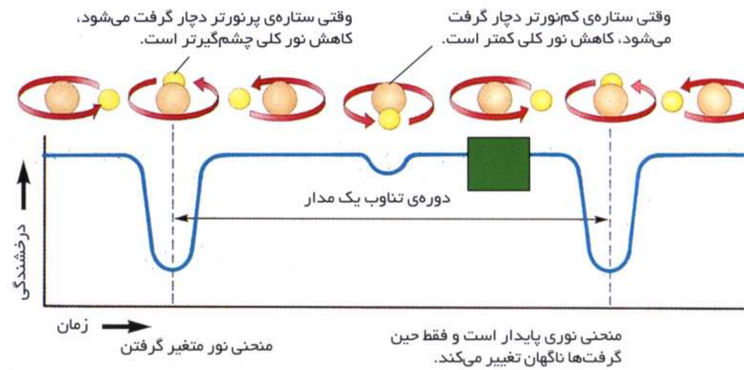
متغیرهای تَپَنده

معمولاً وقتی ستاره‌ها به پایان زندگی خود نزدیک می‌شوند، می‌تپند و درخشندگی، دما و اندازه‌ی آن‌ها تغییر می‌کند. ستاره‌های میراگونه (که به نام ستاره‌ی میرا یا اومیکرون ـ قیطس نام‌گذاری شده‌اند) غول‌های سرخ‌اند که در دوره‌ای ۸۰ تا ۱۰۰۰ روزه می‌تپند و نورشان چندین قدر تغییر می‌کند. متغیرهای قیفاووسی (که به نام ستاره‌ی دلتا ـ قیفاووس نام‌گذاری شده‌اند) اَبَرغول‌های زردند که در دوره‌ای یک تا ۶۰ روزه می‌تپند.



متغیرهای گرفتی

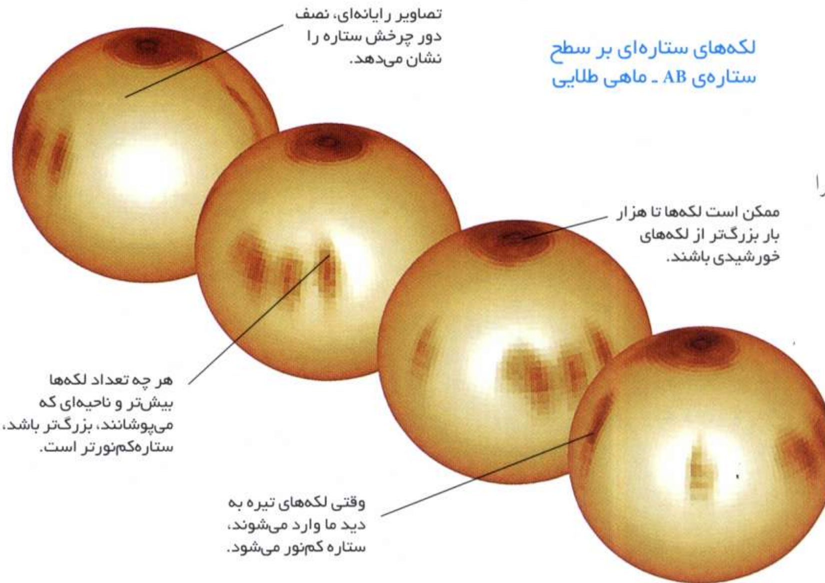
برخی جفت ستاره‌ها، آن‌قدر به هم نزدیک‌اند که مانند تک‌ستاره به‌نظر می‌رسند. اما اگر مدار آن‌ها در مقایسه با زمین از لبه دیده شود، هر ستاره مدام از جلو هم‌دم خود می‌گذرد و سطح آن را می‌پوشاند. این کسوف، تمام نور رسیده به زمین را کاهش می‌دهد و ستاره کم‌نورتر به‌نظر می‌رسد.



متغیرهای دَورانی

درخشندگی برخی ستاره‌ها تغییر می‌کند؛ زیرا سطح آن‌ها با لکه‌های تیره‌ای مانند لکه‌های خورشیدی، اما عظیم‌تر، پوشیده شده است. با چرخش ستاره، لکه‌های ظاهر شده گاه رو به ما می‌آیند و درخشندگی ستاره تغییر می‌کند. یکی از این ستاره‌ها، ستاره‌ی AB ماهی طلایی، ستاره‌ی کوتوله‌ی سردی در فاصله‌ی حدود ٦٥ سال نوری از خورشید است. درخشندگی آن در مدت ۱۲/٤ ساعت، مدتی که یک دور چرخش آن طول می‌کشد، ۰/۱۵ قدر تغییر می‌کند.

لکه‌های ستاره‌ای بر سطح ستاره‌ی AB ـ ماهی طلایی



نخستین‌های متغیرها

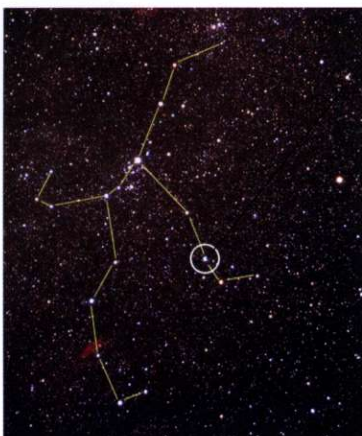
- اخترشناسان چینی ۱۳۰۰ سال پیش از میلاد، نواختری را نزدیک ستاره‌ی قلب‌العقرب رصد کردند.
- ۱۳۴ سال پیش از میلاد، اَبَرخُس یونانی نواختری را در صورت فلکی عقرب دید و به این فکر افتاد که نخستین فهرست ستاره‌ای را تدوین کند.
- در سال ۱۵۹۶ داویت فابرتیسیوس (۱۶۱۷ - ۱۵۶۴)، اخترشناس آلمانی، متوجه ستاره‌ای متغیر شد که بعدها یوهانس هولیوس (۱۶۸۷ - ۱۶۱۱)، اخترشناس لهستانی، آن را میرا به معنی معجزه‌آسا نامید.


تصویر گراور صورت فلکی برساوش و ستاره‌ی رأس‌الغول، مربوط به قرن هفدهم.

- اخترشناس و ریاضی‌دان ایتالیایی، جمینیانو مونتاناری (۱۶۸۷ - ۱۶۳۳)، در سال ۱۶۶۹ متوجه شد که درخشندگی ستاره‌ی رأس‌الغول تغییر می‌کند. در سال ۱۷۸۲، جان گودریک انگلیسی (۱۷۸۶ - ۱۷۶۴) اعلام کرد که ستاره‌ی رأس‌الغول ستاره‌ای دوتایی گرفتی است.
- گودریک در سال ۱۷۸۴ ستاره‌ی دلتا ـ قیفاووس (نخستین متغیر قیفاووسی) را کشف کرد. در سال ۱۹۱۲، خانم هنریتا لویت کشف کرد که دوره‌ی تناوب تپ‌های متغیرهای قیفاووسی با درخشندگی حقیقی آن‌ها متناسب است؛ یعنی با تعیین دوره‌ی تناوب می‌توان درخشندگی حقیقی و فاصله‌ی آن‌ها را به‌دست آورد.

بیش‌تر بدانیم

سطح خورشید ۱۷۶، اندازه‌ی ستاره‌ها ۱۸۲
اخترشناسی با دوربین دوچشمی ۲۸۸
ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸
خوشه‌ها و دوتایی‌ها ۱۹۴، اَبَرنواخترها ۲۰۴



رصد سرغول

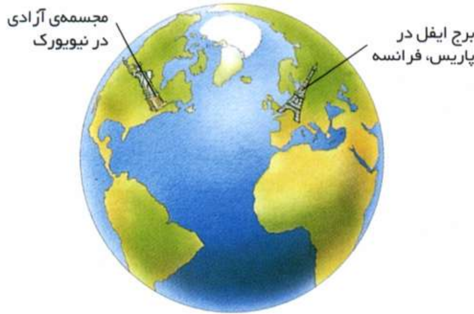
ستاره‌ی رأس‌الغول (سرغول) متغیری گرفتی در صورت فلکی برساوش است. گرفت‌های رأس‌الغول حدود ۱۰ ساعت طول می‌کشد و روشنایی آن تا کمی بیش از یک قدر تغییر می‌کند؛ آن‌قدر که با چشم غیر مسلح نیز قابل تشخیص است. این گرفت‌ها هر ۲/۹ روز یک بار رخ می‌دهد. صورت فلکی برساوش در شب‌های پاییزی و زمستانی در نیم‌کره‌ی شمالی دیده می‌شود.

ستاره‌های متغیر مهم

نام ستاره	قدر	دوره‌ی تناوب (روز)	نوع
رأس‌الغول	۳/۴-۲/۱	۲/۹	گرفتی
یدالجوزا	۱/۳-۰/۰	۲۱۰۰	تپنده (نیمه‌منظم)
کبدالاَسَد (آلفا ـ تازی‌ها)	۲/۹۶-۲/۸۴	۵/۵	دورانی
دلتا ـ قیفاووس	۴/۴-۳/۵	۵/۴	تپنده (قیفاوسی)
اِپسیلون ـ ارابه‌ران	۳/۸-۲/۹	۹۸۹۲	گرفتی
اِتا ـ شاه تخته	۷/۹-۰/۸-	—	فورانی
میرا	۱۰/۱-۲/۰ (متغیر)	۳۳۲	تپنده (بلنددوره)
R ـ گیسو	۱۴/۸-۵/۷	—	فورانی (محوشدگی‌های شدید)
T ـ گیسو	۱۰/۸-۲/۰	—	فاجعه‌بار (نواختر تکرارشونده)

ستاره‌ها چه‌قدر دورند؟

تا سال ۱۸۳۸میلادی، اخترشناسان دید درستی از ابعاد حقیقی عالم نداشتند. اما در آن سال، فردریک بِسِل از روشی کهن به نام اختلاف منظر، نخستین اندازه‌گیری موفقیت‌آمیز فاصله‌ی ستاره‌ها را انجام داد. اخترشناسان امروزی روش‌های متفاوت بسیاری دارند تا فاصله‌ی جسم سماوی را مشخص کنند؛ اما همه‌ی این روش‌ها در نهایت به همان روش تفاوت منظر بستگی دارد. دانش ما درباره‌ی فواصل ستاره‌ها، با فرستادن ماهواره‌ی نقشه‌بردار اَبَرخُس، که از روش اختلاف منظر فاصله‌ی هزاران ستاره را سنجید، متحول‌تر شد.



نزدیک‌ترین ستاره

نزدیک‌ترین همسایه‌ی خورشید پروکسیما ـ قنطورس، یکی از سه ستاره‌ی منظومه‌ی آلفا ـ قنطورس است. این ستاره‌ی کوتوله ۴/۲ سال نوری از ما فاصله دارد. اگر خورشید به اندازه‌ی توپ فوتبال بود، فاصله‌ی آن تا پروکسیما ـ قنطورس به اندازه‌ی فاصله‌ی پاریس تا نیویورک یا تهران تا سئول می‌شد.



برخی از نزدیک‌ترین ستاره‌ها و منظومه‌های ستاره‌ای

نام ستاره یا منظومه‌ی ستاره‌ای	قدر	رده‌ی طیفی	فاصله به سال نوری
آلفا ـ قنطورس A، B، C	۰/۱، ۱/۴، ۱۱/۰	G۲، K۱، M۵	۴/۴
ستاره‌ی بارنارد	۹/۵	M۵	۵/۹
ستاره‌ی لالاند ۲۱۱۸۵	۷/۵	M۲	۸/۳
شباهنگ A، B	‎-۱/۴، ۸/۵	A۰، کوتوله‌ی سفید	۸/۶
راس ۱۵۴	۱۰/۴	M۴	۹/۷
اپسیلون ـ نهر	۳/۷	K۲	۱۰/۵
HD۲۱۷۹۸۷	۷/۴	M۲	۱۰/۷
راس ۱۲۸	۱۱/۱	M۴	۱۰/۹
۶۱ ـ دجاجه A، B	۵/۲، ۶/۱	K۵، K۷	۱۱/۴
شعرای شامی	۰/۴، ۱۰/۷	F۵، کوتوله‌ی سفید	۱۱/۴

ماهواره‌ی اَبَرخُس

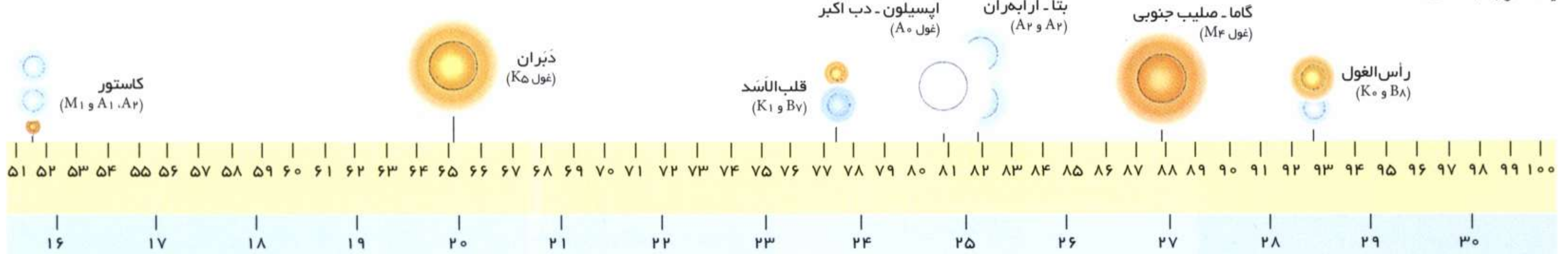
سازمان فضایی اروپا (اِسا) ماهواره‌ی اَبَرخُس را در سال ۱۹۸۹ به فضا پرتاب کرد. اَبَرخُس، که بر فراز جوّ آشفته‌ی زمین قرار دارد، برای تعیین موقعیت ستاره‌ها سه سال و نیم وقت صرف کرد. دقت آن به اندازه‌ای بود که به‌طور نظری می‌توانست فضانوردی را روی ماه تشخیص دهد. دانشمندان، به کمک داده‌های ارسالی ابرخس، تفاوت منظر ۱۱۸هزار ستاره را تا قدر ۱۲/۵ محاسبه کردند. در حال حاضر، اخترشناسان فواصل دقیق ستاره‌هایی را که تا ۵۰۰ سال نوری از خورشید قرار دارند، به‌دست آورده‌اند و تخمینی از فواصل ستاره‌های دورتر نیز در دست است.

روش‌های دیگر فاصله‌سنجی

برای ستاره‌های دورتر، که زاویه‌ی اختلاف منظر آن‌ها قابل اندازه‌گیری نیست، روش‌های گوناگونی برای تخمین فاصله وجود دارد. اما برای این‌کار، باید درخشندگی حقیقی ستاره را بدانیم تا با مقایسه‌ی روشنایی ظاهری، به فاصله‌ی آن پی ببریم. رده‌ی طیفی ستاره و نوع آن تخمینی از درخشندگی حقیقی ستاره به‌دست می‌دهد. از این رو، یک روش فاصله‌یابی طیف‌سنجی است. جرم ستاره با دانستن نوع آن نیز کمک فراوانی به تخمین درخشندگی حقیقی می‌کند. انواع خاصی از ستاره‌های متغیر مانند قیفاووسی‌ها، RR شلیاقی‌ها و میراگونه‌ها، میان دوره‌ی تناوب و درخشندگی حقیقی، رابطه‌ی مشخصی دارند. هرچه تناوب آن‌ها طولانی‌تر باشد، پُرجرم‌تر و درخشنده‌ترند. با دانستن این نسبت، می‌توان فاصله‌ی آن‌ها را به دقت از دوره‌ی تناوب به‌دست آورد. این ستاره‌ها فراوان نیستند؛ اما هر کجا که پیدا شوند، در یک خوشه، سحابی یا کهکشانی دیگر، مانند یک کیلومترشمار، فاصله‌ی کیهانی را به ما می‌گویند.

سال نوری و پارسک

اخترشناسان فواصل را به سال نوری و پارسک اندازه‌گیری می‌کنند. یک سال نوری (LY) برابر است با ۹/۵تریلیون (میلیون میلیون) کیلومتر یا فاصله‌ای که نور در مدت یک‌سال طی می‌کند. یک پارسک برابر است با ۳/۲٦ سال نوری؛ فاصله‌ای که زاویه‌ی اختلاف منظر ستاره در آن، یک ثانیه‌ی قوس ($\frac{۱}{۳٦۰۰}$ یک درجه) است.





ستاره‌ی دبران و خوشه‌ی «V»مانند قلائص در ثور، در آسمان سعادت شهر فارس

دَبَران و خوشه‌ی قلائص

همه‌ی ستاره‌هایی که در آسمان نزدیک به نظر می‌رسند، در فضا همسایه نیستند. ستاره‌ی غول سرخ دَبَران عضوی از خوشه‌ی (V) ـ مانند قلائص در صورت فلکی ثور به‌نظر می‌رسد. اما دبران در مقایسه با این خوشه، بسیار به ما نزدیک‌تر است. فاصله‌ی دبران از خورشید ٦٥/١ سال نوری و فاصله‌ی قلائص ١٥٠ سال نوری است. آن‌ها فقط به طور تصادفی در امتداد هم قرار دارند.

آزمایش اختلاف منظر

دو انگشت اشاره‌ی خود را روبه‌روی صورتتان نگه‌دارید؛ یکی را در فاصله‌ی بازو و دیگری را در فاصله‌ی نصف آن قرار دهید. یک چشم را ببندید و سرتان را از یک سو به سوی دیگر حرکت دهید. به‌نظر می‌رسد که انگشت نزدیک‌تر، سریع‌تر از دیگری حرکت و مسافت بیش‌تری طی می‌کند. این مقدار اندازه‌ی اختلاف منظر است. هر چه انگشتتان دورتر باشد، اختلاف منظر کمتر است.

روش اختلاف منظر

با گردش زمین به دور خورشید، به‌نظر می‌رسد که ستاره‌های نزدیک‌تر، در برابر زمینه‌ی ستاره‌های دوردست اندکی جابه‌جا می‌شوند. اما طی یک‌سال، به جای اول خود بازمی‌گردند. زاویه‌ای را که ستاره طی شش ماه در آسمان می‌پیماید، اختلاف منظر آن ستاره می‌نامند (و در محاسبات اغلب نصف آن را در نظر می‌گیرند). اخترشناسان با دانستن این زاویه، می‌توانند به روش‌های ساده‌ی هندسی، فاصله‌ی ستاره را محاسبه کنند. هرچه زاویه‌ی اختلاف منظر کوچک‌تر باشد، ستاره دورتر است. برای ستاره‌هایی که از چند صدسال نوری دورترند، زاویه‌ی اختلاف منظر آن‌قدر کوچک است که نمی‌توان آن را با تلسکوپ‌های امروزی اندازه گرفت.

فواصل ستاره‌ها



بطلمیوس

- از دوران باستان، از جمله در مصر آن زمان، معماران هنگام ساخت بناهای بزرگ مثل پل‌ها و معابد، برای سنجش فاصله‌ها و اندازه‌ها، از روش اختلاف منظر استفاده می‌کردند.
- در سال ١۴٠ میلادی، بطلمیوس نشان داد که چگونه می‌توان از اختلاف منظر رصدگرانی در نقاط متفاوت زمین برای محاسبه‌ی فاصله‌ی ماه استفاده کرد.
- فیزیک‌دان انگلیسی، رابرت هوک (١٧٠٣ - ١۶٣۵)، در سال ١۶۶٩ سعی کرد اختلاف منظر ستاره‌ای را اندازه‌گیری کند؛ اما موفق نشد.
- در سال ١٨٣٨، فردریک بِسِل با استفاده از روش اختلاف منظر به اندازه‌گیری فاصله‌ی ستاره‌ی ۶١ـ دجاجه پرداخت. کمی پس از آن، اختر شناس اسکاتلندی، توماس هندرسون (١٨۴۴ - ١٧٩٨)، فاصله‌ی آلفا ـ قنطورس را اعلام کرد.
- در سال ١٩٩٧، سازمان فضایی اروپا (اِسا) فهرست ستاره‌ای ابرخس را، که شامل فاصله‌ی اختلاف منظری ١١٨ هزار ستاره بود، منتشر کرد.

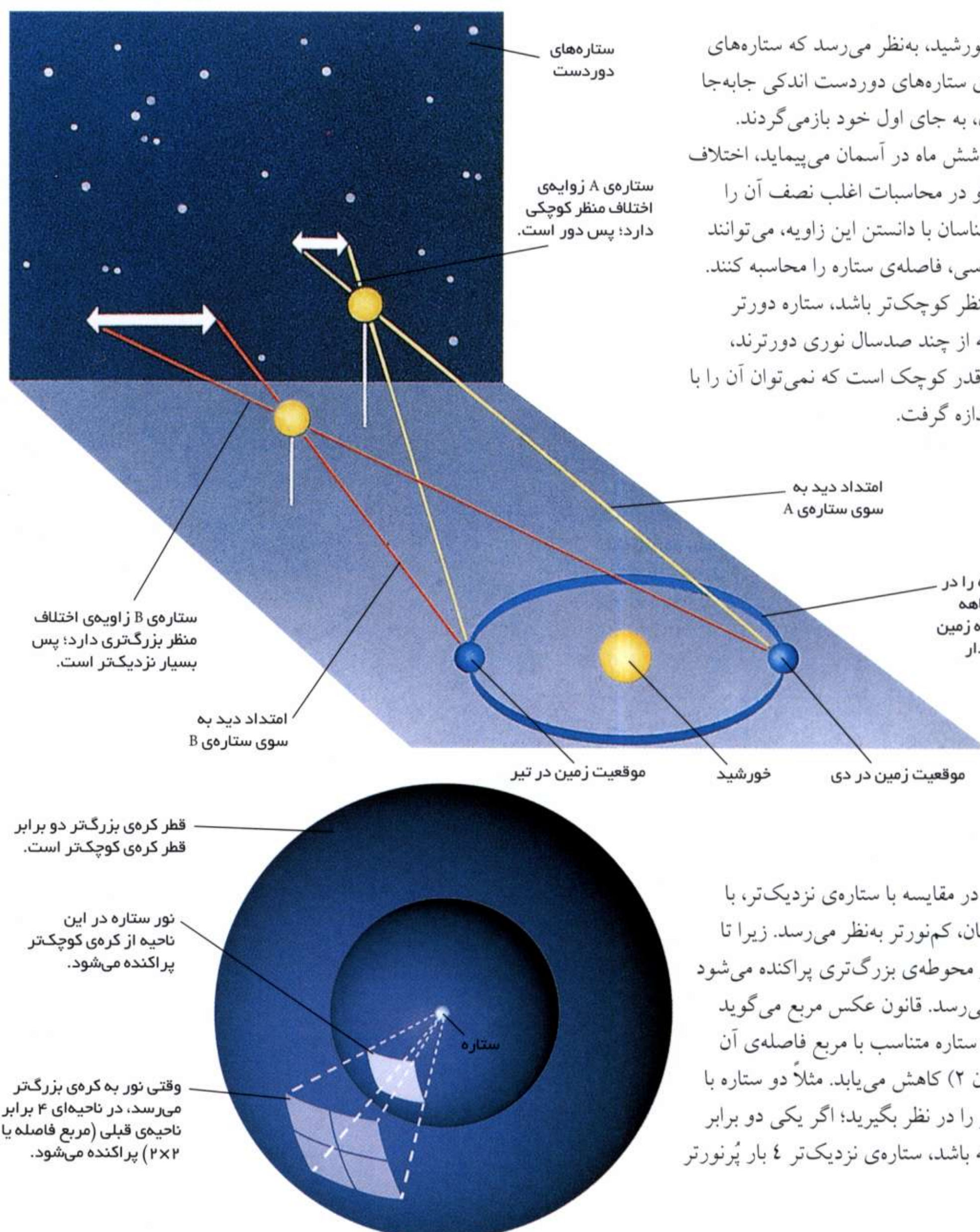
بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ چگونه کار می‌کند؟ ١٨

اندازه‌های ستاره‌ها ١٨٢

ویژگی‌های ستاره‌ها ١٨٨

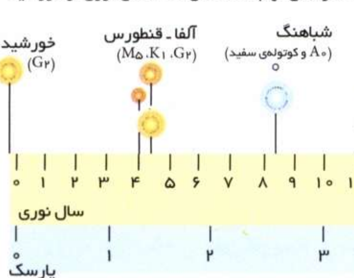
خوشه‌ها و دوتایی‌ها ١٩۴



قانون عکس مربع

ستاره‌ای که دورتر باشد، در مقایسه با ستاره‌ی نزدیک‌تر، با درخشندگی حقیقی یکسان، کم‌نورتر به‌نظر می‌رسد. زیرا تا نور آن به زمین برسد، در محوطه‌ی بزرگ‌تری پراکنده می‌شود و ستاره کم‌سوتر به‌نظر می‌رسد. قانون عکس مربع می‌گوید که روشنایی ظاهری یک ستاره متناسب با مربع فاصله‌ی آن (یعنی فاصله‌ی آن به توان ٢) کاهش می‌یابد. مثلاً دو ستاره با درخشندگی حقیقی برابر را در نظر بگیرید؛ اگر یکی دو برابر دیگری از ما فاصله داشته باشد، ستاره‌ی نزدیک‌تر ٤ بار پُرنورتر به‌نظر می‌رسد.

ستاره‌های مهم تا فاصله‌ی ١٠٠ سال نوری از خورشید



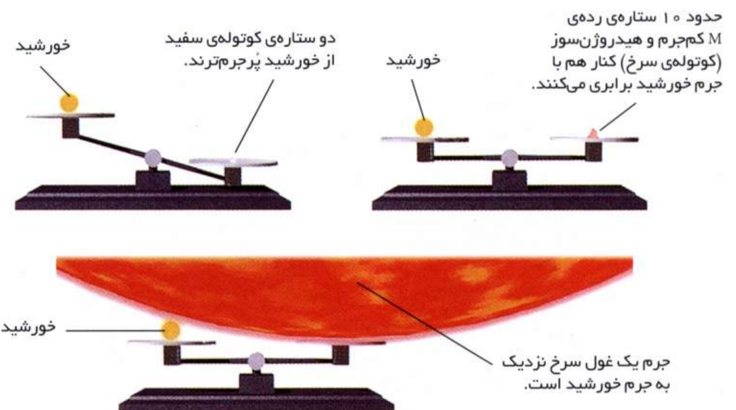
ویژگی‌های ستاره‌ها

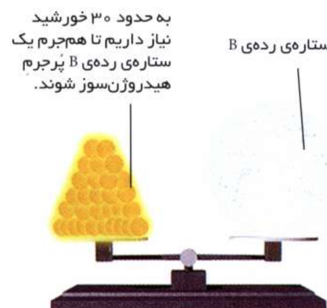
چگونه می‌توانیم بفهمیم که ستاره‌ها واقعاً چه شکلی هستند؟ تقریباً همه‌ی آن‌ها را در تلسکوپ‌ها به صورت نقطه می‌بینیم؛ اما با طیف‌سنجی نور آن‌ها اطلاعات بسیاری به‌دست می‌آید. به‌علاوه، وقتی فاصله‌ی ستاره‌ی خاصی را بدانیم، درمی‌یابیم که ستاره چه‌قدر تابنده است و می‌توانیم به ویژگی‌های دیگر آن نظیر اندازه، جرم و سن نیز پی‌ببریم. می‌دانیم که ابعاد کوتوله‌های سفید مانند زمین است و اَبَرغول‌ها چنان بزرگ هستند که می‌توانند بیش‌تر منظومه‌ی شمسی ما را ببلعند. سن برخی ستاره‌ها فقط چند میلیون سال است؛ در حالی که برخی به قدمت خود کیهان‌اند. اخترشناسان برای طبقه‌بندی گونه‌های متفاوت ستاره‌ها، نمودار ویژه‌ای به نام نمودار هرتسپرونگ ـ راسل (H-R)، رسم می‌کنند.



درخشندگی و قدر مطلق

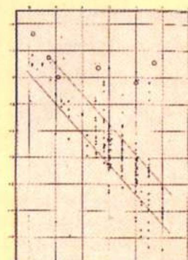
در مقایسه با خورشید، روشنایی حقیقی یک ستاره را درخشندگی بصری یا مرئی می‌نامند. ممکن است درخشندگی ستاره‌ها از ۱۰۰هزار برابر تا یک‌صد هزارم درخشندگی خورشید باشد. اخترشناسان با اصطلاح قدر مطلق نیز درخشندگی حقیقی ستاره را بیان می‌کنند. اگر ستاره‌ای درست در فاصله‌ی ۱۰ پارسکی (۳۲/۶ سال نوری) زمین قرار بگیرد، قدر مطلق آن، همان قدر آن است. تابنده‌ترین ستاره‌های کهکشان، مانند یدالجوزا در شانه‌ی صورت فلکی شکارچی، از قدر مطلق ۷ـ یا کمی پُرنورترند و کم‌نورترین ستاره‌های کهکشان، مانند کوتوله‌های سرخ، از قدر مطلق ۱۰+ تا ۵+ هستند. اگر ستاره‌های درخشان کهکشان در همسایگی ما بودند، در آسمان شب مانند نورافکن‌های خیره‌کننده‌ای دیده می‌شدند.





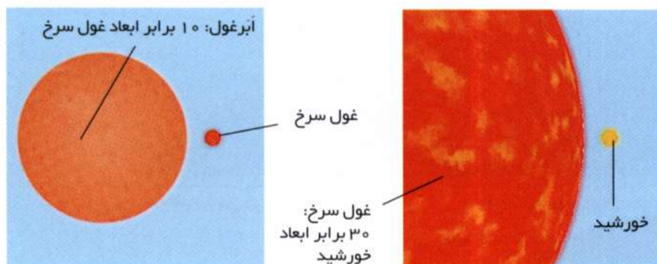
مقایسه‌ی جرم‌ها

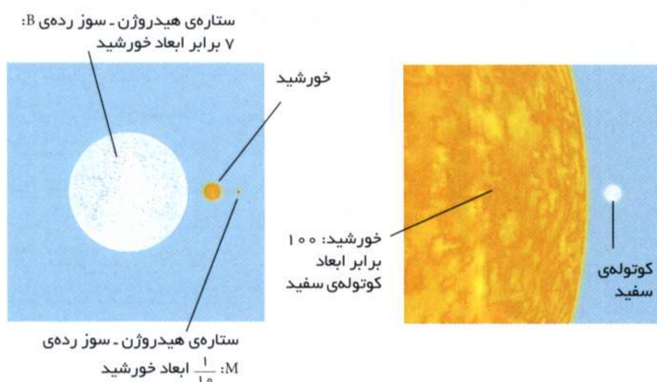
جرم ستاره‌ها را معمولاً با واحدهایی مانند کیلوگرم یا تُن بیان نمی‌کنند؛ بلکه ملاک، جرم خورشید است. سبک‌ترین ستاره‌ها کمتر از یک‌دهم خورشید جرم دارند. در حالی‌که امکان دارد پُرجرم‌ترین ستاره‌ها، تا حدود ۱۰۰ برابر خورشید جرم داشته باشند. ستاره‌های کوچک و کم‌جرم، مانند سنگ‌ریزه‌های کنار ساحل، بی‌شمارند؛ اما ستاره‌های بزرگ و پُرجرم کم هستند. فراوان‌ترین نوع ستاره‌ها در کهکشان، کوتوله‌های سرخ کم‌جرمی مانند پروکسیما ـ قنطورس یا ستاره‌ی بارنارد هستند. آن‌ها چند برابر خورشید عمر می‌کنند و بیش‌تر از ستاره‌های پُرجرم‌تر به‌وجود می‌آیند.



اندازه‌ی متفاوت ستاره‌ها

اندازه‌ی ستاره‌ها بسیار متفاوت است؛ برای مثال، چثه‌ی اَبَرغول‌ها ۳۰۰ بار از خورشید بزرگ‌تر است. اما ستاره‌های نوترونی و سیاه‌چاله‌ها حتی از زمین کوچک‌ترند.







نمودار ستاره‌ها

- در سال ۱۹۰۶، آینار هرتسپرونگ نموداری رسم کرد که نشان می‌داد چگونه می‌توان ستاره‌ها را به دو گروه، که امروز به نام رشته‌ی اصلی و غول‌ها معروف‌اند، طبقه‌بندی کرد.
- پس از سال ۱۹۱۳، که هِنری راسِل هم نمودار مشابهی تهیه کرد، اخترشناسان به اهمیت نمودار هرتسپرونگ ـ راسل در فهم ستاره‌ها پی بردند.

نمودار سال ۱۹۱۳ راسل

بیش‌تر بدانیم

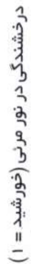
اندازه‌ی ستاره‌ها ۱۸۲، چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰، جایی که ستاره‌ها متولّد می‌شوند ۱۹۲
غول‌های سرخ ۲۰۰، سحابی‌های سیاره‌نما ۲۰۲

نمودار هرتسپرونگ ـ راسل

اخترشناسان ستاره‌ها را بر نموداری رسم می‌کنند که محور افقی آن رده‌ی طیفی و محور عمودی آن درخشندگی (در نور مرئی نسبت به خورشید) است. همچنین ممکن است در این نمودار به جای درخشندگی قدر مطلق و به جای رده‌ی طیفی، دما ذکر شود. هر ستاره بر نمودار هرتسپرونگ ـ راسل جایگاهی دارد که علاوه بر جرم، به آن بستگی دارد که در چه مرحله‌ای از زندگی خود باشد. بیش‌تر ستاره‌ها در نواری مرکزی، به نام رشته‌ی اصلی، قرار دارند و بقیه در گروه غول‌ها، اَبَرغول‌ها، و کوتوله‌های سفید قرار می‌گیرند.

ستاره‌های رشته‌ی اصلی

رشته‌ی اصلی در نمودار هرتسپرونگ ـ راسل، نوار اُریبی است که از گوشه‌ی چپ بالای نمودار تا گوشه‌ی راست پایین، امتداد می‌یابد. ستاره‌های رشته‌ی اصلی، که فراوان‌تر از انواع دیگر ستاره‌ها هستند، در واکنش‌های هسته‌ای خود هیدروژن را می‌سوزانند و به هلیوم تبدیل می‌کنند. ستاره‌ها حدود ۹۰درصد از عمرشان را در رشته‌ی اصلی می‌گذرانند و در این مدت، از نظر تابندگی و دمای آن‌ها، تغییرات کمی رخ می‌دهد. خورشید نمونه‌ای از ستاره‌های رشته‌ی اصلی است.



جرم ستاره‌های رشته‌ی اصلی

ستاره‌ها به ترتیب جرم در نوار رشته‌ی اصلی جای گرفته‌اند؛ به این ترتیب که پُرجرم‌ترین‌ها در بالا سمت چپ و کم‌جرم‌ترین‌ها در پایین، سمت راست نمودار قرار دارند. کوتوله‌های قهوه‌ای جرم‌های کوچک‌تری هستند که در رشته‌ی اصلی جایی ندارند؛ زیرا هرگز به اندازه‌ی کافی داغ نمی‌شوند که در مرکز آن‌ها واکنش‌های هسته‌ای رخ دهد. آن‌ها را ستاره‌های نارَس نیز می‌نامند.

درخشندگی در رشته‌ی اصلی

درخشندگی یک ستاره‌ی رشته‌ی اصلی، به جرم آن بستگی دارد و هرچه ستاره پُرجرم‌تر باشد، تابان‌تر است. درخشان‌ترین ستاره‌ها در قسمت بالایی نمودار و کم‌نورترها در بخش پایینی آن جای دارند.

طول عمر ستاره‌های رشته‌ی اصلی

ستاره‌های داغ و درخشان انتهای بالایی رشته‌ی اصلی، تمام سوخت هسته‌ای خود را در مدت یک میلیون سال می‌سوزانند. در مقایسه با سن ۱۴میلیارد ساله‌ی کیهان، زندگی آن‌ها مانند چشم برهم‌زدنی است. اما ستاره‌های انتهای پایینی چنان کم‌فروغ می‌تابند که هیدروژن آن‌ها تا ۱۰۰میلیارد سال، ۷ برابر سنّ فعلی عالم، دوام می‌آورد.

چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها

ستاره‌ها هم مانند انسان‌ها، به‌دنیا می‌آیند، زندگی می‌کنند، پیر می‌شوند و می‌میرند. اما برخلاف ما، زندگی آن‌ها میلیون‌ها یا حتی میلیاردها سال طول می‌کشد و آن‌قدر طولانی است که پیر شدنشان را نمی‌بینیم. اگر بیننده‌ای از سیاره‌ای دیگر به زمین نگاه می‌کرد، مردمان گوناگونی با جثه و شکل‌های متفاوتی می‌دید. ممکن بود این بیننده‌ی فضایی حدس بزند که کوچک‌ترین انسان‌ها تازه به‌دنیا آمده‌اند و بزرگ‌ترها بالغ یا پیرند و بعد سعی کند جایگاه انواع انسان‌ها را در چرخه‌ی عمر بیابد. اخترشناسان نیز به روشی مشابه، با بررسی گونه‌های متفاوت ستاره‌ها، می‌توانند داستان چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها را کنار هم بگذارند و آن‌را درک کنند.



مواد خام

ستاره‌ها از غبار و گاز هیدروژن و هلیوم ابرهای ملکولی در کهکشان شکل می‌گیرند. درون ستاره، هیدروژن و هلیوم به عناصر سنگین‌تری تبدیل می‌شوند. ستاره‌ها برخی مواد را به فضا باز می‌گردانند. این مواد دورریخته‌شده، بعدها بازیافت می‌شود و ستاره‌های جدیدی می‌سازد. خورشید و زمین و همه‌ی موجودات، از موادی ساخته شده‌اند که زمانی درون یک ستاره بودند.



۱ در دوردست‌های فضا، ابر تیره و سردی از گاز و غبار، تحت کشش گرانش خود شروع به انقباض می‌کند.

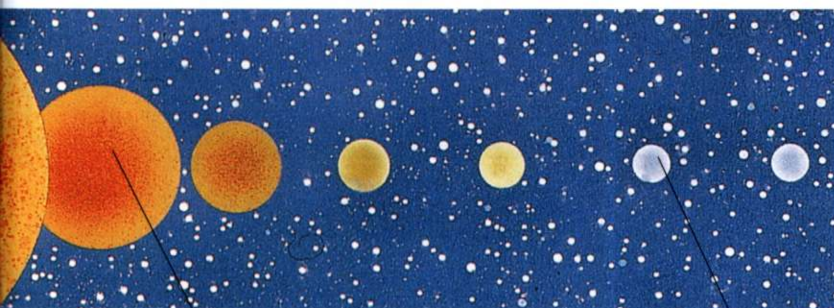
۲ پس انقباض وگرم شدن، این ابر به توده‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شود که هریک از آن‌ها یک پیش‌ستاره را شکل می‌دهند.

تحول ستاره‌ها

زندگی یک ستاره به صورت توده‌ی منقبض‌شونده‌ای از گاز و غبار، که پیش‌ستاره نام دارد، آغاز می‌شود. وقتی به سبب انقباض، ستاره آن‌قدر گرم شود که واکنش‌های هم‌جوشی هسته‌ای در مرکز آن شروع شود، انقباض متوقف می‌گردد. نخستین واکنش‌ها، هسته‌های هیدروژن را به‌هم جوش می‌دهند تا هلیوم شکل بگیرد. بعدها و در دوره‌ی پیری ستاره، هلیوم به کربن، اکسیژن و در پُرجرم‌ترین ستاره‌ها، به آهن تبدیل می‌شود. سرانجام، چیزی برای سوختن باقی نمی‌ماند و ستاره بر سر خود فرومی‌ریزد (می‌رُمبَد). در معدودی ستاره‌های پُرجرم نتیجه‌ی این رُمبِش انفجار اَبَرنواختری است.

زندگی در رشته‌ی اصلی

ستاره‌ها بیش‌تر عمر خود را در رشته‌ی اصلی نمودار هرتسپرونگ ـ راسل می‌گذرانند و از طریق واکنش‌های هسته‌ای و تبدیل مدام هیدروژن به هلیوم، انرژی خود را تأمین می‌کنند. دو نیرو در ستاره مدام در نبردند؛ یکی فشار گاز داغ درون آن است که با انفجارهای هسته‌ای همه چیز را به بیرون می‌راند. اما نیروی دیگر، که گرانش عظیم جرم کل ستاره است، همه چیز را به درون می‌کشد. تا زمانی که این دو نیرو برابری کنند، ستاره مانند ستاره‌های رشته‌ی اصلی در تعادل است. اما در دوره‌ی جنینی و در پایان عمر ستاره، این تعادل وجود ندارد.

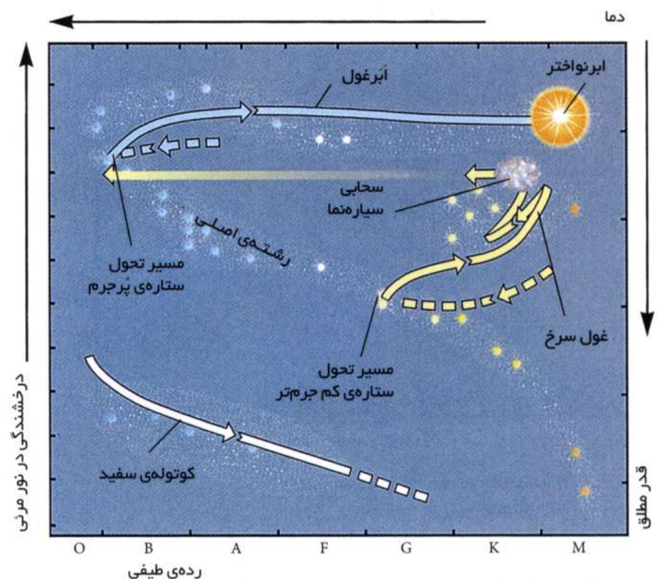


۷ وقتی سوخت هیدروژن ستاره به پایان برسد، منبسط و تبدیل به اَبَرغول سرخ می‌شود.

این ستاره‌ی آبی ـ سفید «بالغ» تا میلیون‌ها سال تقریباً بدون تغییر در رشته‌ی اصلی باقی می‌ماند.

مرگ ستاره

ستاره‌هایی که با جرم حدود ۸ برابر خورشید متولّد می‌شوند، باد می‌کنند و زندگی آن‌ها با انفجار مهیبی خاتمه می‌یابد. از انفجار اَبَرنواختری فقط هسته‌ای کوچک و چگال، یک ستاره‌ی نوترونی یا یک سیاه‌چاله، و ابرپاره‌های ستاره‌ی متلاشی شده باقی می‌ماند.



روند زندگی ستاره‌ها

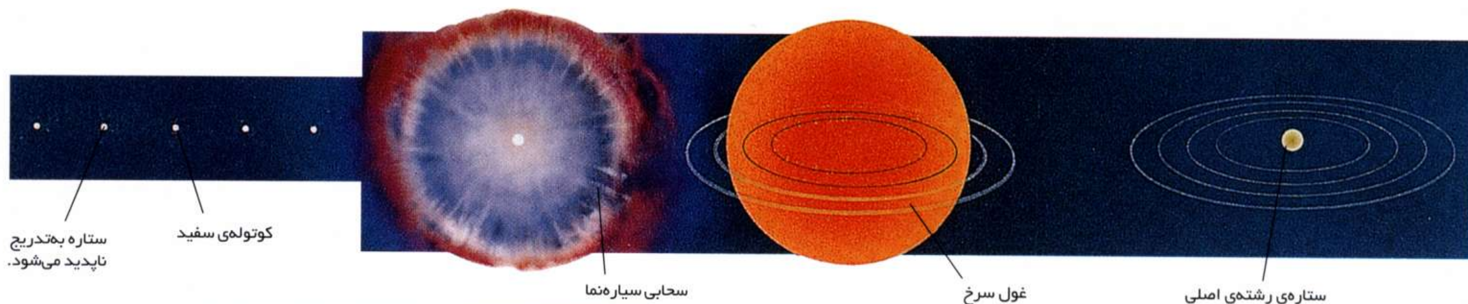
ستاره‌ها با جرم‌های متفاوت، به روش‌های متفاوتی متحول می‌شوند. این نمودار هرتسپرونگ ـ راسل چرخه‌ی زندگی دو ستاره را، یکی ستاره‌ای کم‌جرم مانند خورشید و دیگری ۱۵ بار پُرجرم‌تر، نشان می‌دهد. هرچه ستاره پُرجرم‌تر باشد، زندگی آن کوتاه‌تر است.

داستان خورشید

۱ سوزنده‌ی دائم: بیش‌تر ستاره‌ها به اندازه‌ی کافی پُرجرم نیستند که اَبَرنواختر شوند. ستاره‌هایی مانند خورشید، میلیاردها سال در رشته‌ی اصلی به سوزاندن هیدروژن می‌گذرانند و پایان زندگی آن‌ها نیز آرام‌تر و با جلوه‌های کمتر است.

۲ ستاره‌های ورم کرده: وقتی خورشید همه‌ی هیدروژن خود را مصرف کرد، باد می‌کند و تبدیل به غول سرخ می‌شود و به جای هیدروژن، هلیوم می‌سوزاند. وقتی هلیوم هم تمام شود، خورشید لایه‌های بیرونی خود را به فضا پرتاب می‌کند تا یک سحابی سیاره‌نما شکل بگیرد.

۳ کوتوله‌ی سفید: سحابی سیاره‌نما در فضا پراکنده می‌شود و هسته‌ی عریان خورشید باقی می‌ماند. این هسته، کوتوله‌ی سفید است؛ گوی کوچک و چگالی از خاکستر کربنی هسته‌ی ستاره و بدون سوخت هسته‌ایِ باقی مانده. طی میلیاردها سال، این ستاره‌ی رُمبیده و داغ به مرور سرد و ناپدید می‌شود و به آن کوتوله‌ی سیاه می‌گویند.







تولّد ستاره

ممکن است یک ابر ملکولی در اثر کشش گرانش خود منقبض و به دو توده‌ی کوچک‌تر تبدیل شود. این توده‌ها هم به سبب انقباض بیش‌تر، گرم و چگال‌تر می‌شوند. اخترشناسان از این توده‌ها، پیش از آن‌که آن‌قدر گرم شوند که نور مرئی ارسال کنند، امواج رادیویی و تابش فروسرخ دریافت می‌کنند. سرانجام، این توده‌ها شروع به تابش می‌کنند. در دمای ۱۰میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد، واکنش‌های هسته‌ای آغاز و ستاره‌های جدیدی متولّد می‌شوند.

۸ در این حالت، هسته‌ی ستاره داغ‌تر است. ستاره از هلیوم موجود برای تولید کربن و اکسیژن استفاده می‌کند.

۹ واکنش‌های هسته‌ای عناصر سنگین‌تر و سنگین‌تری تولید می‌کنند تا هسته‌ای از آهن شکل بگیرد.

۱۰ سرانجام، هسته‌ی آهنی می‌رُمبد و ستاره به صورت اَبَرنواختر درخشانی منفجر می‌شود.

۱۱ بیش‌تر ماده‌ی ستاره در انفجار اَبَرنواختری بیرون پرتاب می‌شود. ممکن است هسته‌ی رُمبیده‌ی ستاره به صورت ستاره‌ی نوترونی یا سیاه‌چاله باقی بماند.

ستاره‌ی نوترونی گوی چگالی از جنس نوترون به قطر ۲۰ تا ۳۰ کیلومتر است.

سیاه‌چاله جسمی رُمبیده با گرانش بسیار زیاد در قلمرو خود است که حتی نور نمی‌تواند از آن بگریزد.

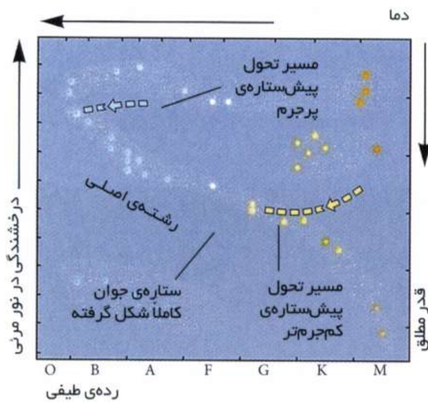
ستاره‌ی منفجر شونده به اندازه‌ی بیش از ۱ میلیارد ستاره می‌درخشد.

در حالی که هسته روی خود می‌رمبد و داغ‌تر می‌شود تا بتواند هم‌جوشی هسته‌ای عنصر سنگین‌تری را آغاز کند، لایه‌های خارجی منبسط و خنک می‌شوند و به رنگ قرمز می‌درخشند.

بیش‌تر بدانیم

درون خورشید ۱۷۴
ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸
سحابی‌های سیاره‌نما ۲۰۲
اَبَرنواخترها ۲۰۴
فضای میان‌ستاره‌ای ۲۱۶

جایی که ستاره‌ها متولّد می‌شوند



حتی درخشان‌ترین ستاره‌ها زندگی خود را پنهان از دید، در اعماق توده‌های عظیم و تاریک گاز و غبار به نام ابرهای ملکولی، آغاز می‌کنند. برخی از این ابرها در پیشْ زمینه‌ی نوار درخشان و شبح‌گون راه شیری، با چشم غیرمسلح، مانند اشباحی تیره دیده می‌شوند. وقتی ستاره‌های تازه «سر از تخم بیرون آورده» که به پیش‌ستاره معروف‌اند، آغاز به تابش کنند، ابر را با تابش‌های ارسال شده‌ی خود روشن و گرم می‌کنند. چنین ابر درخشانی را سحابی (از نوع نشری یا بازتابی) می‌نامند. با تابش ستاره‌ها، بقیه‌ی ابر تیره با تابشی قدرت‌مند فشرده می‌شود و می‌رُمبَد. طی چند میلیون سال، تمام این ابر به ستاره تبدیل می‌شود.

تحول ستاره‌های جوان

ستاره‌های تازه متولّد شده، مانند اجسام قرمز درخشانی در سمت راست نمودار هرتسپرونگ ـ راسل دیده می‌شوند. این ستاره‌ها وقتی منقبض و به اندازه‌ی کافی داغ شوند که در رشته‌ی اصلی هیدروژن بسوزانند، به سمت چپ نمودار حرکت می‌کنند.

تابش ستاره‌های نزدیک، بخش‌های رقیق‌تر ابر را پراکنده می‌کنند.

وقتی بخش‌هایی از ابر پراکنده می‌شود، گوی‌های چگالی، که شامل پیش‌ستاره‌هاست، از ابر جدا می‌شود.

قلب یک سحابی

سحابی جبّار نزدیک‌ترین ناحیه‌ی تولّد ستاره‌ها به زمین است که در جهت صورت فلکی جبّار حدود ۱۵۰۰ سال نوری از ما فاصله دارد. این سحابی به سبب تابش فرابنفش از خوشه‌ی کوچکی از ستاره‌های جوان، خوشه‌ی ذوزنقه، گرم می‌شود. ستاره‌ها و پیش‌ستاره‌های بسیار بیش‌تری در ابر ضخیم غباری، که قلب سحابی را پوشانده است، پنهان شده‌اند. خود سحابی جبّار در دل ابری بسیار بزرگ‌تر (یک ابر ملکولی عظیم)، که شاید شامل گاز و غباری به جرم ۵۰۰هزار برابر جرم خورشید باشد، جای گرفته است.

در نمای فروسرخ، ناحیه‌ی میله شکلی از ستاره‌های تازه متولد شده نمایان می‌شود که در نور مرئی به‌چشم نمی‌آید.

ناحیه‌ی ستاره‌سازی سرانجام درون این ابر تیره پراکنده می‌شود.



سحابی قو

یکی دیگر از زایشگاه‌های معروف ستاره‌ای، سحابی قو در فاصله‌ی حدود ۵هزار سال نوری از زمین است. ابرهای ضخیم تیره مانع رسیدن نور مرئی از درون سحابی‌اند؛ اما نور فروسرخ از میان غبار نفوذ و توده‌ای از ستارگان نوزاد را آشکار می‌کند. تابش ارسال شده از ستاره‌های جدید، ابرهای غبار را فشرده می‌کند و دور تازه‌ای از شکل‌گیری ستاره‌ها را به‌راه می‌اندازد.



سحابی جبّار درست پایین کمربند جبّار قرار دارد.

سحابی جبّار چگونه شناخته شد؟

• در سال ۱۶۵۶، کریستین هویگنس نخستین طرح‌ها را از سحابی جبّار کشید. در طرح او گروهی از ستاره‌ها به شکل ذوزنقه در مرکز سحابی دیده می‌شدند.



طرحی از سحابی جبّار اثر لُرد راس، رصدگر ایرلندی (۱۸۶۷ - ۱۸۰۰) که با بزرگ‌ترین تلسکوپ جهان در عصر خود رصد می‌کرد.

• در قرن هجدهم، ویلیام هرشل سحابی جبّار را چنین توصیف کرد: «مِه آتشین شکل نگرفته، مواد پُرآشوب خورشیدهای آینده.»

• در سال ۱۸۶۵، ویلیام هاگینز به بررسی طیف نور سحابی جبّار پرداخت و دریافت که این سحابی از گاز داغ تشکیل شده است.

• در دهه‌ی ۱۹۶۰، اخترشناسان ستاره‌های درخشان در نور فروسرخ را در سحابی جبّار یافتند و حدس زدند که آن‌ها پیش‌ستاره‌هایی هستند که در ابرهایی از غبار پنهان شده‌اند.

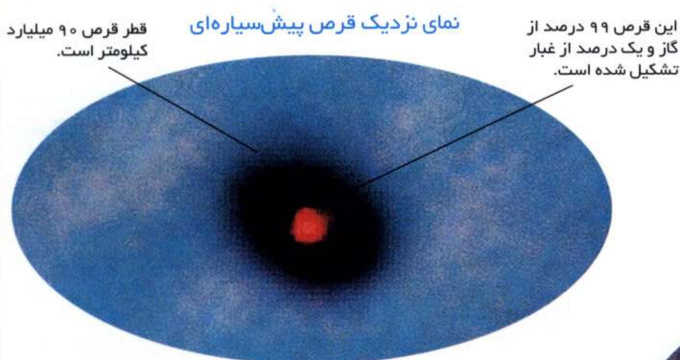
رصد سحابی جبّار

چند ناحیه‌ی ستاره‌ساز در آسمان آن‌قدر پرنورند که با دوربین دوچشمی، به شکل لکه‌های مِه‌آلود در زمینه‌ی تیره‌ی آسمان، دیده می‌شوند. از همه پرنورتر، سحابی جبّار است. این سحابی را می‌توان از پاییز تا اوایل بهار، با چشم غیر مسلح در آسمانی نسبتاً تاریک دید. از آن‌جا که این سحابی بخشی از شمشیر جبّار است، یافتن آن در زیر سه ستاره‌ی هم‌نور و صف‌کشیده‌ی کمربند جبّار ساده است؛ مانند این دو تصویر که در آسمان ایران گرفته شده‌اند.

گروه پیش‌ستاره‌های جبّار

اخترشناسان در سحابی جبّار، چند صد پیش‌ستاره کشف کرده‌اند. پنج عدد از پیش‌ستاره‌های این گروه را قرص‌های گاز و غبار احاطه کرده‌اند. به این قرص‌ها، قرص پیش‌سیاره‌ای می‌گویند؛ زیرا سیاره‌ها از درون آن‌ها شکل خواهند گرفت.

نمای نزدیک قرص پیش‌سیاره‌ای



قطر قرص ۹۰ میلیارد کیلومتر است.

این قرص ۹۹ درصد از گاز و یک درصد از غبار تشکیل شده است.

قرص پیش‌سیاره‌ای

درون این قرص کوچک و تیره‌ی گاز و غبار، ستاره‌ی جدیدی متولّد می‌شود. این پیش‌ستاره، که فقط چندصد هزار ساله است، جرمی معادل یک‌پنجم جرم خورشید دارد. قطر قرص اطراف آن ۷/۵ برابر قطر مدار پلوتون و جرم آن ۷ برابر جرم زمین است.



نمای نزدیک از پیش‌ستاره‌های سحابی جبّار

در حالی که واکنش‌های هسته‌ای در پیش‌ستاره آغاز می‌شود، ممکن است قرص اطراف آن منقبض شود و سیاره‌ها را تشکیل دهد.



در این تصویر با رنگ‌های کاذب که تلسکوپ فضایی هابل گرفته، هیدروژن به رنگ سبز، اکسیژن به رنگ آبی، و نیتروژن به رنگ قرمز نشان داده شده است.

ستاره‌های خوشه‌ی ذوزنقه سحابی را روشن می‌کنند.

سحابی‌های جذاب

نام	صورت فلکی	فاصله به سال نوری	قطر به سال نوری
آمریکای شمالی	دجاجه	۱۵۰۰	۵۰
جبّار (شکارچی)	جبّار (شکارچی)	۱۶۰۰	۳۰
قو	قوس	۵۰۰۰	۶۰
مرداب	قوس	۵۲۰۰	۱۵۰
سه‌تکه	قوس	۵۲۰۰	۴۰
رُزت	تک‌شاخ	۵۵۰۰	۵۰
عقاب	مار	۷۰۰۰	۶۰
شاه‌تخته (کارینا)	شاه تخته	۹۰۰۰	۳۰۰
رتیل	ماهی طلایی	۱۶۰۰۰۰	۸۰۰

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی فروسرخ ۲۸، ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸، چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰
فضای میان‌ستاره‌ای ۲۱۶

خوشه‌ها و دوتایی‌ها

ستاره‌ها تک‌تک متولّد نمی‌شوند؛ بلکه به صورت گروهی به‌دنیا می‌آیند. هرجا را که نگاه کنید، ستاره‌های بسیاری را کنار هم در گروه‌های چندتایی یا جفت‌جفت می‌یابید. خوشه‌های باز، گروه‌های نه چندان فشرده‌ای از چند ده تا چند هزار ستاره‌اند که در امتداد بازوهای مارپیچی راه شیری دیده می‌شوند. بیش‌تر آن‌ها پر از ستاره‌های جوان هستند. زیرا به مرور زمان، حرکت این مجموعه ستاره در کهکشان، آن‌ها را از هم می‌پاشد. به این سبب، بیش‌تر خوشه‌های بازی که پا به سن می‌گذارند، دیگر وجود ندارند. خورشید نیز احتمالاً در هنگام تولّد خود درون خوشه یا گروهی از ستاره‌ها بوده است. خوشه‌ها مهم‌اند؛ زیرا همه‌ی ستاره‌های آن‌ها از موادی یکسان و در زمانی یکسان شکل گرفته‌اند. اخترشناسان آن‌ها را بررسی می‌کنند تا به تحولات ستاره‌ها پی ببرند. حتی ستاره‌هایی که تک به‌نظر می‌رسند، در نهان اسراری دارند. وقتی ستاره‌ها را با تلسکوپ بررسی می‌کنیم، حدود نیمی از آن‌ها دوتایی یا چندتایی هستند. اندازه‌گیری حرکت‌های چنین ستاره‌هایی راه مطمئنی برای یافتن جرم ستاره‌هاست.

اَستِروپ

تَحیّه (تایگتا)

مائیا

کلائِنو

اِلکترا

رگه‌های موجود در ابرهای غبار، حاصل میدان‌های مغناطیسی میان‌ستاره‌ای است.

ابرهای غبار اطراف ستاره‌ها با نور ستاره روشن می‌شوند.

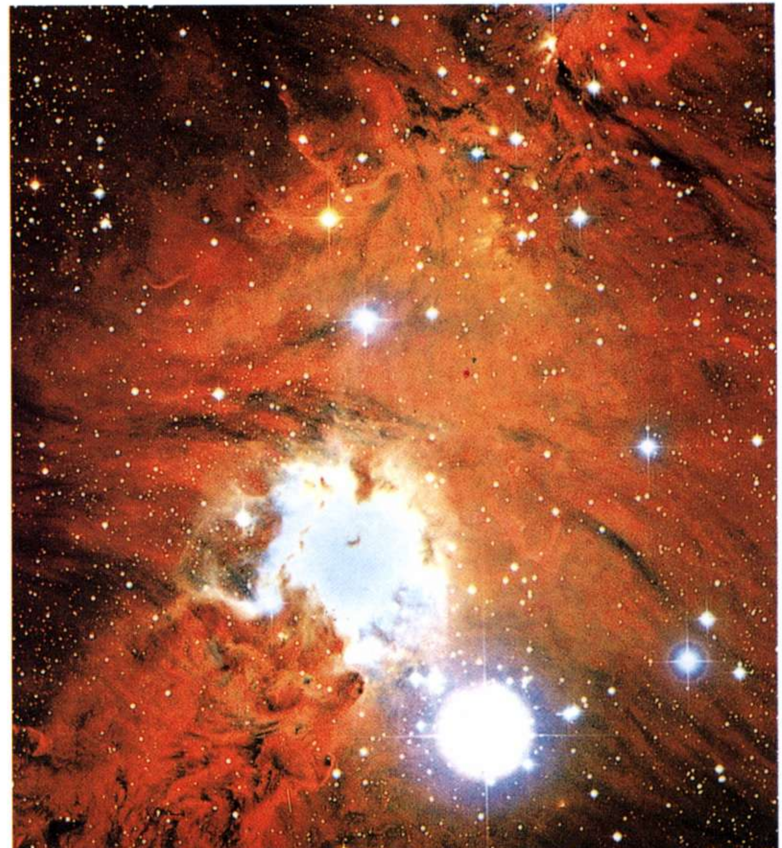
خوشه‌ی باز پروین

پروین، ثریا یا هفت خواهران، که در اسطوره‌های کهن بسیاری از فرهنگ‌ها وجود دارد، شناخته‌شده‌ترین خوشه‌ی باز آسمان شب است. این خوشه شامل حدود صد ستاره‌ی اصلی است که فقط ٦ یا ٧تای آن‌ها معمولاً با چشم غیر مسلح دیده می‌شوند. حضور چند ستاره‌ی جوان آبی و نبود غول‌های سرخ نشان می‌دهد که سن این خوشه حدود ٧٨میلیون سال است. این خوشه نیز مانند همه‌ی خوشه‌های باز، سرانجام با دور شدن ستاره‌هایش از هم، ناپدید می‌شود.

سنّ خوشه‌ها

خوشه‌های جوان، مانند NGC٢٢٦٤، پُر از ستاره‌های کم‌سن و داغ آبی رنگ است. آن‌ها معمولاً درون یا در نزدیکی سحابی‌ای پیدا می‌شوند که از آن شکل گرفته‌اند. در خوشه‌های پیرتر، مانند M٦٧ در صورت فلکی خرچنگ، گاز سحابی پراکنده و محو شده است. چنین خوشه‌های باز پیری بسیار نادرند. خوشه‌های پیر، غول‌های سرخ بسیاری را شامل می‌شوند. غول‌های سرخ ستاره‌هایی هستند که سوخت هیدروژن خود را به پایان رسانده‌اند و پایان عمرشان نزدیک است.

M۶۷، خوشه‌ای ۳/۲ میلیارد ساله

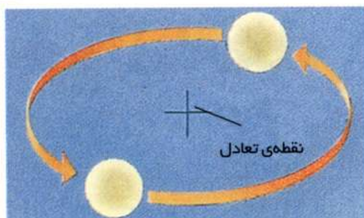

NGC۲۲۶۴، خوشه‌ای ۲۰ میلیون ساله

خوشه‌های باز جذاب

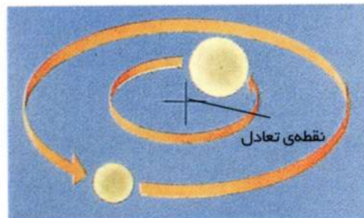
نام	صورت فلکی	سنّ به میلیون سال	فاصله به سال نوری	حداقل تعداد ستاره‌ها
خوشه‌ی دوتایی (خی و اِچ)	برساوش	۳/۲+۵/۶	۷۴۰۰	۱۵۰+۲۰۰
جعبه‌ی جواهر	صلیب جنوبی	۷/۱	۷۶۰۰	۱۰۰
NGC ۲۲۶۴	تک‌شاخ	۲۰	۲۴۰۰	۴۰
خوشه‌ی پروانه (M۶)	عقرب	۵۱	۲۰۰۰	۸۰
M۴۷	کشتیدُم	۷۸	۱۶۰۰	۳۰
پروین	ثور	۷۸	۳۷۵	۱۰۰
M۴۱	کلب اکبر	۱۹۰	۲۳۰۰	۱۰۰
کندوی عسل (خوشه‌ی صوفی)	خرچنگ (سرطان)	۶۶۰	۵۲۰	۵۰
قلائص	ثور	۶۶۰	۱۵۰	۲۰۰
M۶۷	خرچنگ (سرطان)	۳۲۰۰	۲۶۰۰	۲۰۰

ستاره‌های دوتایی

دو ستاره‌ای که در فضا بسیار از هم دورند، اگر در یک جهت از دید ما قرار گرفته باشند، ممکن است در آسمان جفت به نظر برسند. این‌ها ستاره‌های دوتایی ظاهری‌اند. دو ستاره‌ای که به سبب کشش گرانش واقعاً در فضا کنار هم قرار گرفته‌اند، یک منظومه‌ی دوتایی حقیقی هستند. این ستاره‌ها به دور نقطه‌ی تعادل مشترکی به نام مرکز جرم می‌گردند که به ستاره‌ی پُرجرم‌تر نزدیک‌تر است. در دوتایی‌های بصری می‌توان دو ستاره‌ی مجزا را (اغلب با تلسکوپ) تشخیص داد. در دوتایی‌های طیف نمودی، ستاره‌ها آن‌قدر به هم نزدیک‌اند که یکی به‌نظر می‌رسند و نشانه‌ی وجود دو ستاره در طیف آن‌ها شناسایی می‌شود. در برخی از دوتایی‌های طیف نمودی، ستاره‌ها از مقابل هم می‌گذرند و درخشندگی کل تغییر می‌کند. به آن‌ها دوتایی‌های گرفتی یا متغیرهای گرفتی می‌گویند.



در منظومه‌ی دوتایی با ستاره‌هایی هم‌جرم، نقطه‌ی تعادل یا مرکز جرم در وسط است.



اگر در منظومه‌ی دوتایی ستاره‌ای پُرجرم‌تر از ستاره‌ی دیگر باشد، مرکز جرم به ستاره‌ی پُرجرم‌تر نزدیک‌تر است.

نیرالثریا (اتا ـ تور)

در اسطوره‌ها، ستاره‌های پِلیون مادر ۷ خواهران است.

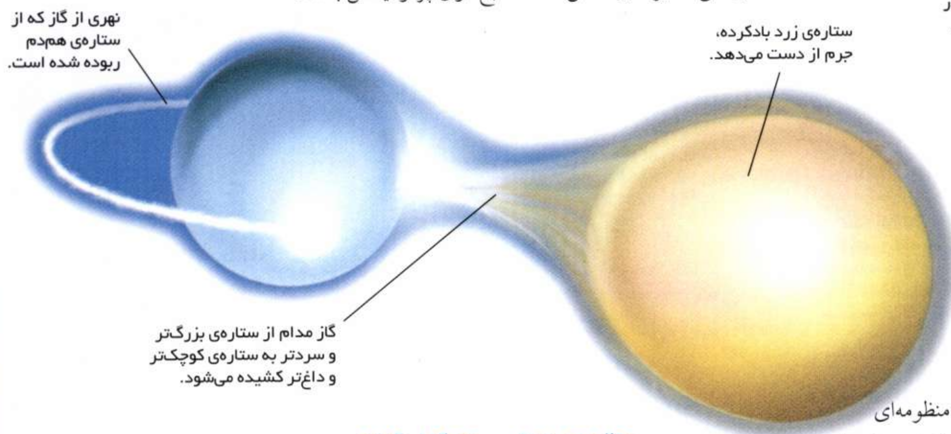
ستاره‌ی اطلس پدر ۷ خواهران است.

ستارگان خوشه‌ی پروین، شبیه خوشه‌ی انگوری از یاقوت‌های تابان، در شب‌های زمستانی، منظره‌ی خارق‌العاده‌ای در آسمان‌اند.

مِروپ

تبادل جرم میان همسایه‌ها

برخی منظومه‌های دوتایی برهم‌کنش‌کننده‌اند؛ یعنی ستاره‌ها آن‌قدر به هم نزدیک‌اند که گاز بین آن‌ها ردّ و بدل می‌شود. در مثال منظومه‌ی دوتایی زیر، یکی از ستاره‌ها باد کرده و گازش را بر سر و روی دیگری می‌ریزد. در دوتایی‌های تماسی، ستاره‌ها با هم تماس دارند و جوّ خارجی آن‌ها یکی است. بیش‌تر دوتایی‌های برهم‌کنش‌کننده ستارگانی متغیرند و ممکن است منابع قوی پرتو ایکس باشند.

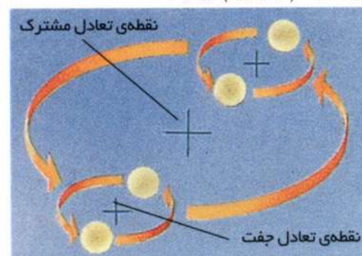


منظومه‌ی دوتایی برهم‌کنش‌کننده

ستاره‌های چندتایی

گاهی سه ستاره یا بیش‌تر در منظومه‌ای چندتایی گرد هم می‌آیند. این گونه ستاره‌ها معمولاً جفت‌جفت یا شامل تک‌ستاره‌ای هستند که دور جفتی نزدیک به هم می‌گردد. یکی از مشهورترین منظومه‌های چندتایی، اپسیلون ـ شلیاق، شامل دوجفت ستاره‌های دوتایی است. هر دو جفت به دور نقطه‌ی مرکز جرم می‌گردند.

در منظومه‌ی دوتایی دوجفتی، هر ستاره به دور هم‌دم خود می‌گردد و هر دوجفت به دور نقطه‌ی تعادل مشترک کل منظومه (مرکز جرم) می‌گردند.



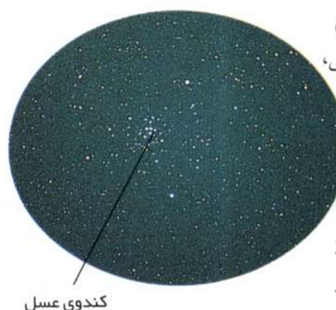
ستاره‌های چندتایی مهم			
نام	صورت فلکی	تعداد ستاره‌ها	قدرها
بتا ـ دجاجه	دجاجه	۲	۳/۱ و ۵/۱
گاما ـ آندرومدا	آندرومدا	۳	۲/۳ و ۵/۵ و ۶/۳
آلفا ـ قنطورس	قنطورس	۳	۰/۰ و ۱/۴ و ۱۱/۰
کاستور	جوزا	۳	۱/۹ و ۲/۹ و ۸/۸
ذوزنقه (سحابی جبّار)	جبّار	۴	۵/۱ و ۶/۷ و ۶/۷ و ۷/۹
اپسیلون ـ شلیاق	شلیاق	۴	۵/۰ و ۵/۲ و ۵/۵ و ۶/۱
سیگما ـ جبّار	جبّار	۵	۴/۰و۶/۰و۶/۵و۷/۵و۱۰/۳
۱۵ ـ تک‌شاخ	تک‌شاخ	۷+	۴/۷و۷/۵و۷/۷و۸/۱و۸/۲و۹/۶و۹/۶

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی پرتو ایکس ۳۴، اندازه‌های ستاره‌ها ۱۸۲، ستاره‌های متغیر ۱۸۴
ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸، چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰
جایی که ستاره‌ها متولّد می‌شوند ۱۹۲، فضای میان‌ستاره‌ای ۲۱۶

کندوی عسل

خوشه‌ی کندوی عسل یا خوشه‌ی صوفی (M۴۴) در قلب صورت فلکی خرچنگ (سرطان) قرار دارد. این خوشه‌ی باز با حدود ۵۰ ستاره را می‌توان در شبی تاریک با چشم غیر مسلح تشخیص داد. منجم ایرانی، عبدالرحمان صوفی، از نخستین رصدگران تاریخ بود که یک‌هزار سال پیش این خوشه را مانند یک پاره ابر آسمانی ثبت کرد. نمای خوشه‌ی صوفی از درون دوربین دوچشمی بسیار زیباتر است و تشابه انبوه ستاره‌های آن به زنبورهای پراکنده در کندوی عسل پدیدار می‌شود. خوشه‌ی بسیار پیر M۶۷ را نیز می‌توان در چند درجه‌ای جنوب کندوی عسل دید.



کندوی عسل

خوشه‌های کروی

مناظری به جذابیت و شکوه خوشه‌های کروی کمتر در آسمان پیدا می‌شود. این گروه‌های هم‌بسته، که چند صدهزار تا چند میلیون ستاره را شامل می‌شوند، در هاله‌ی مرکزی کهکشان و نواحی خارجی دور افتاده‌ی راه شیری ساکن‌اند. احتمالاً کهکشان ما تا ۲۰۰ خوشه‌ی کروی دارد و دیگر کهکشان‌ها بسیار بیش‌تر از این خوشه‌ی کروی دارند. خوشه‌های کروی، نه تنها زیبا هستند، بلکه اهمیت علمی بسیاری دارند. ستاره‌های آن‌ها از پیرترین ستاره‌های کهکشان‌اند و به اخترشناسان برای تعیین سنّ عالم کمک می‌کنند. در سال‌های اخیر، اخترشناسان خوشه‌های کروی جوان‌تری را در دیگر کهکشان‌ها کشف کرده‌اند. حتی در دوره‌ی کنونی کیهان نیز ممکن است این خوشه‌ها در برخوردهای کهکشانی از درهم‌رفتن و فشرده شدن ابرهای عظیم گاز شکل بگیرند.

قطر خوشه‌ی ۴۷ـ توکان ۱۴۰ سال نوری است و جرمی حدود ۱ میلیون برابر خورشید دارد.

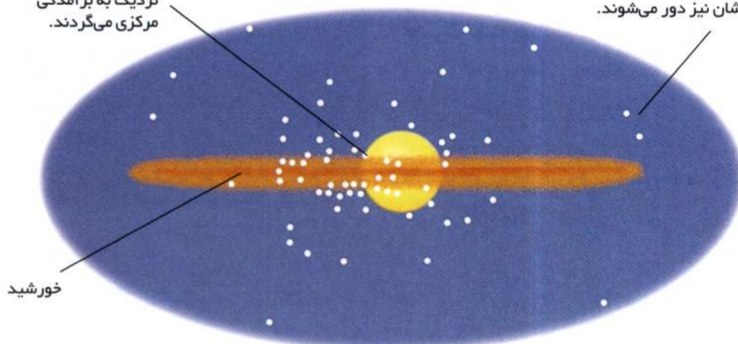
خوشه‌های کروی احتمالاً کوتوله‌های سفید بسیاری دارند؛ اما این ستاره‌ها آن‌قدر کم‌نورند که دیده نمی‌شوند.

بیش‌تر ستاره‌های درخشان غول هستند.

در هسته‌ی خوشه، حدود ۱۰۰ ستاره در هر سال نوری مکعب، کنار هم فشرده شده‌اند. در مقایسه با فاصله‌ی ۴ سال نوری خورشید از نزدیک‌ترین همسایگانش، فاصله‌ی برخی ستاره‌ها از هم فقط چند هفته‌ی نوری است.

خوشه‌های کروی چه شکلی هستند؟

خوشه‌های کروی، مانند خوشه‌ی جذاب ۴۷ـ توکان، از خوشه‌های باز بزرگ‌تر و درخشان‌ترند و تعداد ستاره‌های آن‌ها هم اغلب هزار برابر خوشه‌های باز است. خوشه‌های باز شکل نامنظمی دارند؛ اما خوشه‌های کروی، تقریباً کروی هستند. قطر بیش‌تر خوشه‌های کروی حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ سال نوری است و ستاره‌های آن‌ها به کمک نیروی گرانش خود کنار هم قرار گرفته‌اند. این گرانش چنان قوی است که نیروهای کشندی گرانش کهکشان آن‌ها را از هم نپاشیده است. ظاهر خوشه‌های باز، آبی رنگ است؛ زیرا ستاره‌های داغ جوان را شامل می‌شود. اما ظاهر خوشه‌های کروی زرد و سرخ است؛ زیرا ستاره‌های آن‌ها سردتر و پیرترند.



نقشه‌ی پراکندگی خوشه‌های کروی

برخلاف خوشه‌های باز، که فقط در صفحه‌ی راه شیری یافت می‌شوند، خوشه‌های کروی ناحیه‌ای کروی در اطراف برآمدگی مرکزی کهکشان را اشغال می‌کنند. اخترشناسان با بررسی ستاره‌های RR شلیاقی درون خوشه‌های کروی، فاصله‌ی خوشه‌ها را می‌سنجند. ستاره‌های RR ـ شلیاقی نوعی ستاره‌ی متغیر تپنده‌اند. همه‌ی ستاره‌های RR شلیاقی درخشندگی مشابهی دارند. به این سبب، اخترشناسان می‌توانند با اندازه‌گیری روشنایی ظاهری این ستاره‌ها و آگاهی از درخشندگی واقعی آن‌ها، فاصله ستاره‌ها و در نتیجه فاصله‌ی خوشه را محاسبه کنند.

خوشه‌های کروی مهم

نام	صورت فلکی	فاصله به سال نوری	قطر به سال نوری
M۴	عقرب	۷۰۰۰	۵۰
M۲۲	قوس	۱۰/۰۰۰	۷۰
۴۷ـ توکان	توکان	۱۵/۰۰۰	۱۴۰
اُمگا ـ قنطورس	قنطورس	۱۷/۰۰۰	۱۸۰
M۱۳ (خوشه‌ی هرکول)	جاثی	۲۳/۰۰۰	۱۱۰
M۹۲	جاثی	۲۵/۰۰۰	۸۵
M۵	مار	۲۵/۰۰۰	۱۳۰
M۱۵	اسب بالدار	۳۱/۰۰۰	۱۱۰
M۳	تازی‌ها	۳۲/۰۰۰	۱۵۰
M۲	دَلو	۳۷/۰۰۰	۱۴۰

بیش‌تر بدانیم

ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸، ستاره‌های متغیر ۱۸۴، ستاره‌ها چه‌قدر دورند؟ ۱۸۶
خوشه‌ها و دوتایی ۱۹۴، راه شیری ۲۱۴

شناسایی خوشه‌های کروی

• در سال ۱۶۷۷، ادموند هالی در سفری به جزیره‌ی سنت هلنا در اقیانوس اطلس جنوبی، خوشه‌ی کروی اُمگا ـ قنطورس را ثبت کرد. این خوشه از دوران باستان به صورت ستاره‌ای عادی ثبت شده بود.

• در دهه‌ی ۱۸۳۰، اخترشناس انگلیسی، جان هرشل، دریافت که اُمگا ـ قنطورس از بی‌شمار ستاره‌ی جداگانه تشکیل شده است.

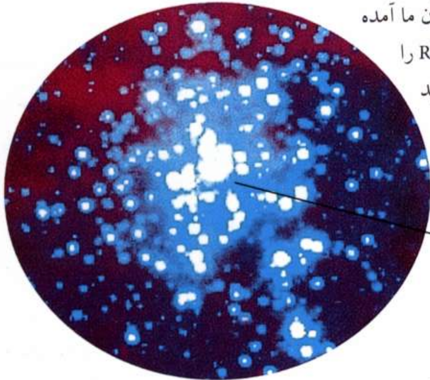
• درسال ۱۸۹۹ اخترشناس آمریکایی، سولان بیلی (۱۹۳۱ - ۱۸۵۴)، ۸۵ ستاره‌ی تپنده‌ی RR- شلیاقی در خوشه‌ی کروی M5 یافت.

• هارلو شپیلی در سال ۱۹۱۸، با استفاده از ستاره‌های RR- شلیاقی و متغیرهای قیفاووسی برای اندازه‌گیری فاصله تا خوشه‌های کروی، دریافت که خوشه‌های کروی در کره‌ای قرار دارند که مرکز آن همان هسته‌ی کهکشان است.

خوشه‌ی کروی ۴۷ ـ توکان

شکل‌گیری خوشه‌های کروی

بیش‌تر خوشه‌های کروی بیش از ۱۰میلیارد سال سن دارند. اخترشناسان تصور می‌کردند که همه‌ی خوشه‌های کروی هم‌زمان با شکل‌گیری کهکشان مادر خود شکل گرفته‌اند. اما تلسکوپ فضایی هابل خوشه‌های بسیار جوان‌تری را، به‌خصوص در کهکشان‌هایی که در حال برخورد با هم هستند، یافت. ممکن است برخی خوشه‌های کروی خود ما هم با کهکشان‌های کوچک‌تری، که با راه شیری برخورد کرده‌اند، به کهکشان ما آمده باشند. اخترشناسان خوشه‌ی باز عظیم R۱۳۶ را کشف کردند که آن‌قدر بزرگ است که شاید در میانه‌ی فرآیند تبدیل شدن به خوشه‌ای کروی باشد.



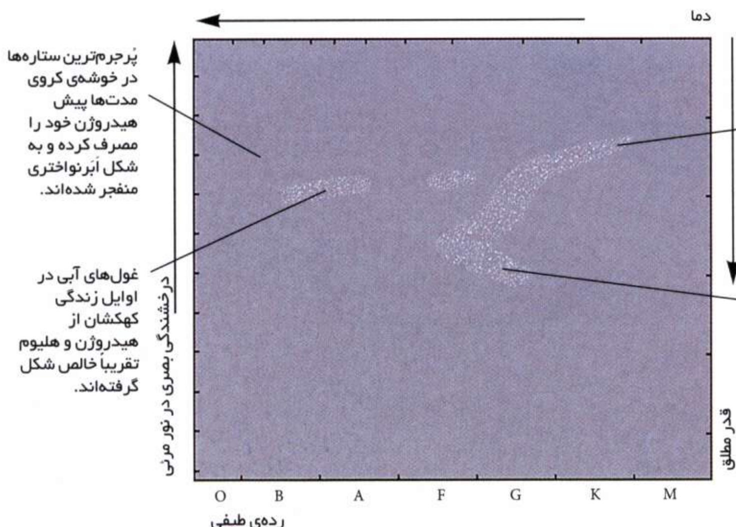
خوشه‌ی R۱۳۶، در سحابی رُتیل در ابر بزرگ ماژلان، احتمالاً طی ۱۰۰ میلیون سال آینده به خوشه‌ای کروی تبدیل می‌شود.

ستاره‌ها در مرکز خوشه‌ای کروی تا حدود ۱ میلیون بار چگال‌تر از ستاره‌ها در نزدیکی خورشیدند.

خوشه‌ی ۴۷ـ توکان دومین خوشه‌ی کروی پُرنور آسمان است که در نیم‌کره‌ی جنوبی دیده می‌شود.

یافتن سن خوشه‌های کروی

اخترشناسان می‌توانند با رسم ستاره‌های یک خوشه‌ی کروی بر نمودار هرتسپرونگ ـ راسل (HR)، سن خوشه را تخمین بزنند. این کار نشان می‌دهد که کدام‌یک از ستاره‌های رشته‌ی اصلی، هیدروژن خود را به پایان رسانده است. نمودار HR یک خوشه‌ی بسیار پیر، هیچ ستاره‌ی درخشانی در رشته‌ی اصلی ندارد و در عوض غول‌های بسیاری دارد. در سال‌های اخیر، مشاهداتی انجام شد که نشان داد برخی خوشه‌های کروی حتی پیرتر از کیهان‌اند و به‌نظر می‌رسد در تخمین سن آن‌ها یا سن کیهان اشتباهی صورت گرفته باشد.



نمودار HR یک خوشه‌ی کروی بسیار پیر

اُمگا ـ قِنطورس

بیش‌تر خوشه‌های کروی کم‌نورند؛ اما دست کم سه خوشه را در شبی صاف و تاریک به راحتی می‌توان با چشم غیر مسلح دید: M۱۳ (در آسمان شمالی)، ۴۷ـ توکان، و اُمگا ـ قنطورس (در آسمان جنوبی). اُمگا ـ قنطورس در صورت فلکی قنطورس، درخشان‌ترین خوشه است (از قدر مطلق ۱۰ـ و قدر ظاهری ۳+) و فاصله‌ی آن از زمین نسبتاً کم است. این خوشه با حدود ۱۰میلیون ستاره در قطری معادل ۱۸۰ سال نوری، بزرگ‌ترین خوشه‌ی راه شیری است. آن را از مرکز و نیمه‌ی جنوبی ایران نیز می‌توان در شب‌های زمستان و بهار در افق جنوب به خوبی دید.



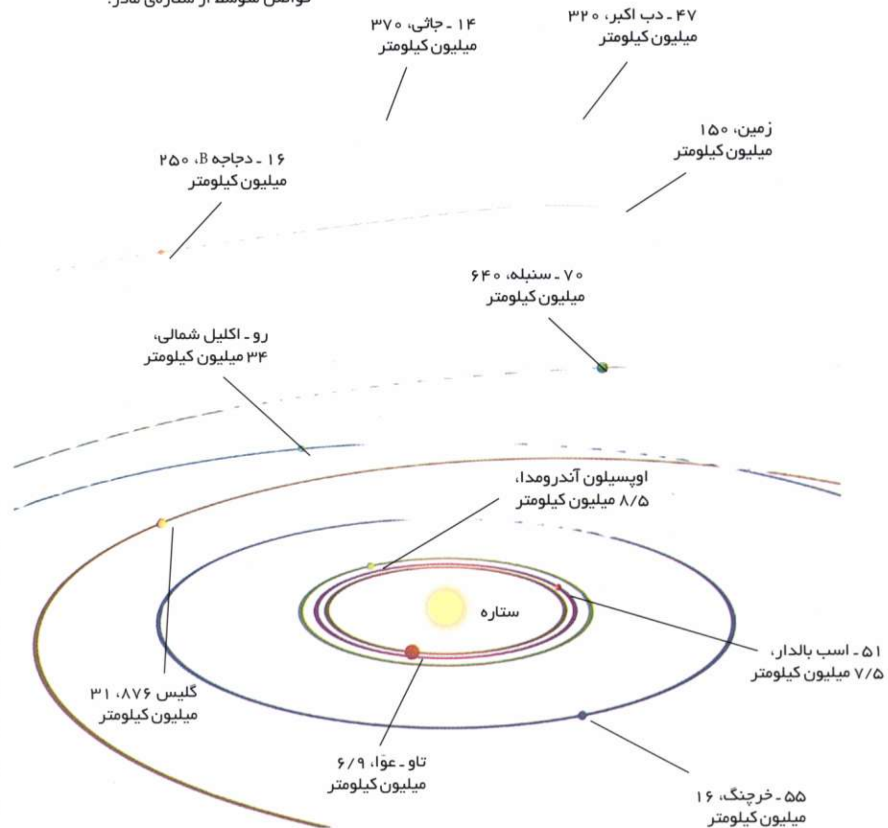
اُمگا ـ قنطورس با چشم شبیه ستاره‌ای نسبتاً درخشان و کمی مه‌آلود است.

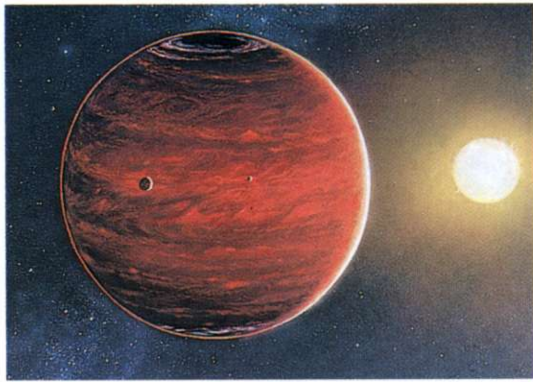
دیگر منظومه‌های شمسی

آیا منظومه‌ی شمسی ما در عالم یگانه است؟ تا همین اواخر، اخترشناسان فقط می‌توانستند حدس بزنند که آیا منظومه‌ای سیاره‌ای به دور دیگر ستاره‌ها در گردش است یا خیر. آشکارسازی سیاره‌های فراخورشیدی، آن‌هایی که دور ستاره‌ای به‌جز خورشید می‌گردند، مشکل است؛ زیرا درخشندگی آن‌ها ۱میلیارد بار کمتر از درخشندگی ستاره‌ی مادرشان است. از دید ما، آن‌ها مانند شمع کم‌فروغی چسبیده به نورافکنی خیره‌کننده‌اند! اما از سال ۱۹۹۵، اخترشناسان با استفاده از ابزارهای بسیار حساس موفق به کشف غیر مستقیم سیاره‌های فراخورشیدی شدند. آن‌ها با ردیابی اثر گرانشی اندک سیاره بر حرکت و طیف ستاره و همین‌طور ردیابی افت نور حاصل از عبور سیاره‌های فراخورشیدی از مقابل ستاره‌ی مادر، موفق به کشف حدود ۵۰۰ سیاره شدند و پیش‌بینی می‌کنند که در سال‌های آینده نیز تعداد بسیار بیش‌تری کشف کنند. نسل جدیدی از تلسکوپ‌های فضایی طراحی شده‌اند تا تصاویر مستقیمی از این سیاره‌ها را در اختیار ما بگذارند.

مدارهای فراخورشیدی

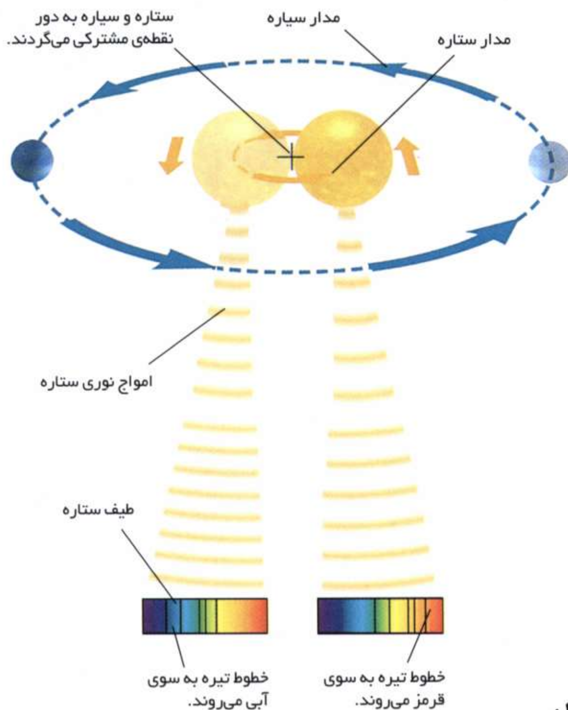
در این نمودار، مدار زمین با مدار نخستین ۱۰ سیاره‌ی فراخورشیدی کشف شده مقایسه شده است؛ به طوری که گویی همه‌ی آن‌ها به دور ستاره‌ی واحدی می‌گردند. اخترشناسان با شگفتی بسیار دریافتند که بیش‌تر این سیاره‌ها، در مقایسه با زمین تا خورشید، به ستاره‌ی خود نزدیک‌ترند. برخی از آن‌ها حتی از عطارد نزدیک‌ترند. یک توضیح این است که این سیاره‌ها، دورتر از ستاره‌ی مادرشان شکل گرفته‌اند و سپس به تدریج با حرکتی مارپیچ به درون منظومه آمده‌اند. نکته‌ی شگفت‌آور دیگر این است که برخی از آن‌ها در مقایسه با سیاره‌های منظومه‌ی شمسی، مدارهای بسیار بیضوی‌تری دارند.





سیاره‌های دیگر چه شکلی هستند؟

بیش‌تر سیاره‌هایی که تا به حال کشف شده‌اند، تقریباً هم‌جرم مشتری یا حتی بزرگ‌ترند. اخترشناسان بر این باورند که آن‌ها غول‌های گازی شبیه مشتری و زحل هستند، نه سیاره‌های سنگی شبیه زمین و مریخ. بیش‌تر این سیاره‌ها به ستاره‌های مادرشان نزدیک و به این سبب، بسیار داغ‌اند. برای همین، به آن‌ها مشتری‌های داغ نیز می‌گویند. بزرگ‌ترین آن‌ها شاید حتی کوتوله‌های قهوه‌ای باشند؛ جرم‌هایی که برای به راه انداختن واکنش‌های هسته‌ای و تبدیل شدن به ستاره، جرم کافی ندارند و در عین حال از سیاره‌ها هم بزرگ‌ترند و حتی ممکن است سیاره‌هایی به دور خود داشته باشند. در سال‌های اخیر، روش‌ها و ابزارهای جدید به اخترشناسان کمک کرده است که سیاره‌های کوچک‌تری را نیز شناسایی کنند که فقط چند برابر زمین جرم دارند و در مرز سیاره‌های گازی و سنگی قرار می‌گیرند.



ستاره‌های لرزان

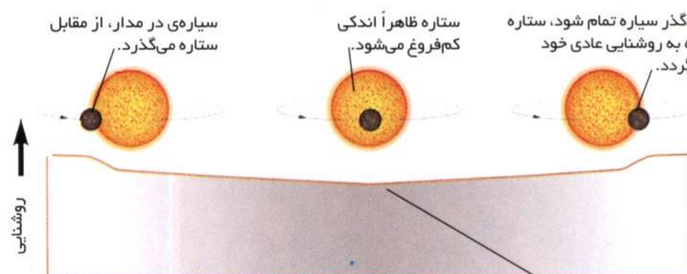
سیاره‌های فراخورشیدی را می‌توان با رصد آثار گرانشی آن‌ها بر ستاره‌ی مادرشان پیدا کرد. وقتی سیاره‌ای به دور ستاره‌ای می‌گردد، گرانش آن کششی بر ستاره وارد می‌کند و کمی آن را به حرکت وامی‌دارد. اخترشناسان با شکستن نور ستاره به طیف، این لرزش‌های خفیف را آشکار می‌کنند. اگر ستاره به سوی ما حرکت کند، امواج نور آن فشرده می‌شود و خطوط جذبی تیره‌ی طیف اندکی به سوی انتهای آبی منتقل می‌گردد. اگر ستاره از ما دور شود، امواج نور آن کشیده می‌شود و خطوط تیره‌ی طیف اندکی به سوی انتهای قرمز منتقل می‌گردد. در این روش، هرچه سیاره پُرجرم‌تر و نزدیک‌تر به ستاره‌ی مادر باشد، احتمال کشف آن بیش‌تر است و احتمالاً به همین سبب هم بیش‌تر سیاره‌های فراخورشیدی کشف شده، غول‌های گازی نزدیک به ستاره‌ی مادرند.

نام ستاره‌ی مادر	فاصله‌ی ستاره‌ی مادر از خورشید به سال نوری	سال کشف سیاره	حداقل جرم سیاره (زمین = ۱)	مدت گردش دور ستاره به روز
۵۱ـ اسب بال‌دار	۵۰	۱۹۹۵	۱۵۰	۴/۲
۵۵ـ خرچنگ	۴۴	۱۹۹۶	۲۷۰	۱۴/۶
۴۷ـ دب اکبر	۴۶	۱۹۹۶	۸۹۰	۱۰۹۰
تاو ـ عوّا	۴۹	۱۹۹۶	۱۲۳۰	۳/۳
اوپسیلون ـ آندرومدا	۵۴	۱۹۹۶	۲۲۰	۴/۶
۷۰ـ سنبله	۵۹	۱۹۹۶	۲۱۰۰	۱۱۷
۱۶ـ دجاجهB	۷۲	۱۹۹۶	۴۸۰	۸۰۴
رو ـ اکلیل شمالی	۵۵	۱۹۹۷	۳۵۰	۳۹/۶
گلیس ۸۷۶	۱۵	۱۹۹۸	۶۷۰	۶۰/۸
۱۴ـ جاثی	۵۵	۱۹۹۸	۱۰۵۰	۱۶۲۰

۱۰ سیاره‌ی نخست کشف‌شده‌ی فراخورشیدی

دیگر روش‌های مکان‌یابی

روش دیگری برای کشف سیاره‌های فراخورشیدی، جست‌وجو به دنبال کاهش روشنایی ستاره، به سبب گذر سیاره از مقابل آن است این گذر فقط برای معدود منظومه‌هایی رخ می‌دهد که صفحه‌ی مداری آن‌ها درست در امتداد دید ما باشد. در این روش، روشنایی متغیر ستاره را بر نموداری به نام منحنی نوری رسم و افت نور حاصل از گذر سیاره را در منحنی پیدا می‌کنند. اخترشناسان با این روش حتی به کمک تلسکوپ‌های بسیار کوچک مجهز به آشکارسازهای حساس، امکان کشف سیاره‌های فراخورشیدی دارند. طرح TRES، که تاکنون چند فراخورشیدی یافته، نمونه‌ای از این موفقیت است. حتی منجمان آماتور نیز با این روش به دنیای جست‌وجوی سیاره‌های فراخورشیدی وارد شده‌اند. روش دیگر، که اثر ریزهم‌گرایی نام دارد، رصد روشنایی ناگهانی است؛ زمانی که میدان گرانشی ستاره‌ی مادر و سیاره‌ی همراه آن مانند یک عدسی عمل می‌کند و نور ستاره‌ای دورتر را افزایش می‌دهد.



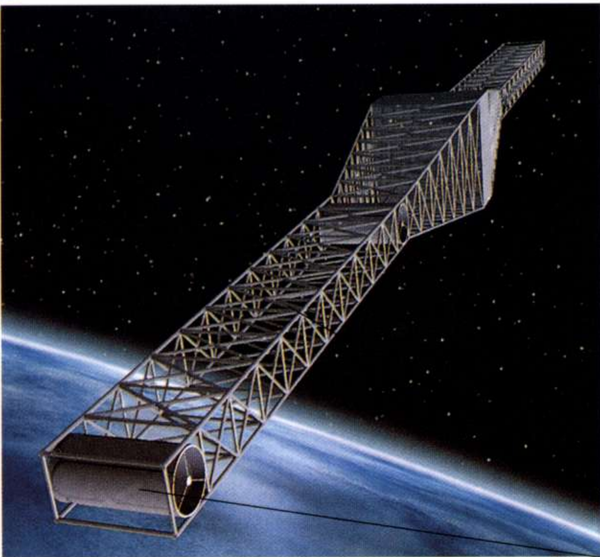
منحنی نور ستاره‌ای با سیاره‌ی گذرکننده

سیاره‌هایی به گرد تپ‌اخترها

تپ‌اختر PSR ۱۲۵۷+۱۲ دست کم سه سیاره به گرد خود دارد که هریک جرمی برابر زمین دارند. سیاره‌ی دیگری هم به دور تپ‌اختر PSR ۱۶۲۰ ـ۲۶ کشف شده است. تپ‌اخترها بازمانده‌ی ستاره‌های مرده‌اند و زمانی شکل می‌گیرند که ستاره‌ای پُرجرم به شکل اَبَرنواختر منفجر شود. این‌که چگونه امکان دارد این سیاره‌ها از چنین انفجار مهیبی جان سالم به‌در برند، خود معمایی است. یک احتمال این است که سیاره‌ها پس از انفجار، از بقایای مانده از انفجار شکل گرفته باشند.

تصویری هنری از تپ‌اختر آن‌طور که از سیاره‌اش دیده می‌شود.



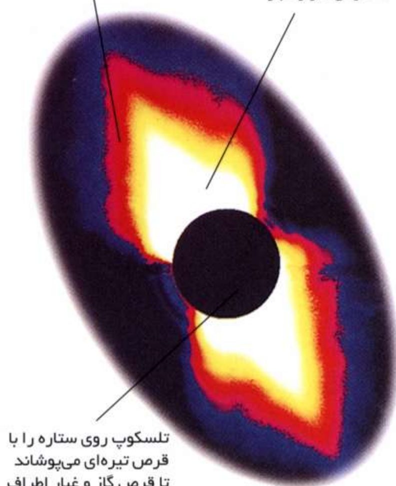


تلسکوپ شناور در فضا

تلسکوپ، با چهار آینه‌ی بزرگ، نور کم‌فروغ سیاره‌هایی دور ستاره‌های دیگر را آشکار خواهد کرد.

به دنبال زمین‌های دور

فضاپیمای کپلر متعلق به ناسا، که در سال ۲۰۰۹ به فضا رفت، حدود ۱۰۰هزار ستاره را به دنبال سیاره‌های گذرکننده بررسی خواهد کرد. کپلر به دنبال سیاره‌های زمین‌مانند خواهد بود و نسبت این سیاره‌ها را در مقایسه با غول‌های گازی به‌دست خواهد آورد. سازمان فضایی اروپا نیز طرح سیاره‌یاب فضایی غول‌پیکری با سه آینه‌ی سه متری به نام داروین دارد که پس از سال ۲۰۱۵ پرتاب خواهد شد. در دهه‌ی آینده‌ی میلادی، با راه‌اندازی تلسکوپ‌های غول‌آسای ۲۰ تا ۴۰ متری، کشف سیاره‌های زمین‌مانند از روی زمین نیز ممکن می‌شود. این سال‌ها دوره‌ی بی‌نظیری در علم است که شاید پاسخ این پرسش به‌دست آید که آیا زمین تنها سیاره‌ی زیست‌پذیر کیهان است یا خیر؟



بتا ـ سه‌پایه

اخترشناسان قرص پیش‌سیاره‌ای یافته‌اند که دور ستاره‌های بسیار جوان در حال تکامل است. بتا ـ سه‌پایه، ستاره‌ی جوانی است که قرصی از گاز و غبار چرخان اطراف آن را احاطه کرده است. این قرص نسبتاً خنک، اما در طول موج فروسرخ درخشان است. احتمالاً سیاره‌هایی، به همان روشی که سیاره‌های منظومه‌ی شمسی خودمان دور خورشید جوان شکل گرفتند، درون این قرص در حال شکل‌گیری‌اند.

جست‌وجوی منظومه‌های خورشیدی

- در سال ۱۹۶۴، اخترشناس آمریکایی پیتر وَن دکَمپ (۱۹۹۵ ـ ۱۹۰۱)، ادعا کرد که سیاره‌ای را دور ستاره‌ی بارنارد، یکی از نزدیک‌ترین ستاره‌ها به خورشید، کشف کرده است اما ای کشف تأیید نشد.
- در سال ۱۹۸۴، مشخص شد که تابش‌های فروسرخ از ستاره‌ی بتا ـ سه‌پایه از قرصی از غبار و گاز در اطراف آن ارسال می‌شود که محل شکل‌گیری سیاره‌هاست.
- نخستین نمونه‌ی قطعی از یک سیاره‌ی فراخورشیدی در سال ۱۹۹۵ در مداری دور ستاره‌ی ۵۱ ـ اسب بال‌دار کشف شد.
- نخستین تصویر مستقیم از سیاره‌ای فراخورشیدی در سال ۲۰۰۴ با یکی از تلسکوپ‌های ۸ متری VLT در شیلی گرفته شد و یک سال بعد وجود این سیاره دور کوتوله‌ی قهوه‌ای کم‌فروغ ۲M۱۲۰۷ تأیید شد.



کوتوله‌ی قهوه‌ای ۲M۱۲۰۷ و سیاره‌ی آن

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴، تولّد منظومه‌ی شمسی ۱۰۰
حیات در دنیاهای دیگر ۲۵۶
هوش‌مندان فرازمینی ۲۵۸

غول‌های سرخ

ستاره‌ها تا ابد زندگی نمی‌کنند. زمانی می‌رسد که ذخیره‌ی هیدروژن به پایان می‌رسد و واکنش‌های هسته‌ای در مرکز آن‌ها رو به خاموشی می‌رود. اما ستاره، به جای کم‌فروغ و ناپدید شدن، باد می‌کند و به غول سرخ درخشانی، شاید صدبار بزرگ‌تر از خودش، تبدیل می‌شود. ستاره‌های پُرجرم‌تر اَبَرغول‌هایی قدرت‌مند می‌شوند که آن‌قدر درخشان‌اند که از میان فضای میان‌کهکشانی هم دیده می‌شوند. این تغییر و تبدیل‌ها به این سبب رخ می‌دهد که در اعماق هسته‌ی ستاره از منبع انرژی جدیدی، که همان هلیوم است، استفاده می‌شود و ستاره را تا مدتی دیگر هم درخشان نگه‌می‌دارد.

درون یک ستاره‌ی غول سرخ

سلول‌های هم‌رفتی حرارت را با جریان‌های بالا و پایین‌رونده‌ی گاز داغ از هسته به سطح هدایت می‌کنند. برخی عناصری که در هسته تولید می‌شوند نیز به سطح می‌آیند.

پوسته‌ی داخلی هلیوم‌سوز با دمای ۱۰۰ میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد

کربن و اکسیژن محصولات هم‌جوشی هلیوم هستند.

هلیوم، حاصل هیدروژن‌سوزی در رشته‌ی اصلی است.

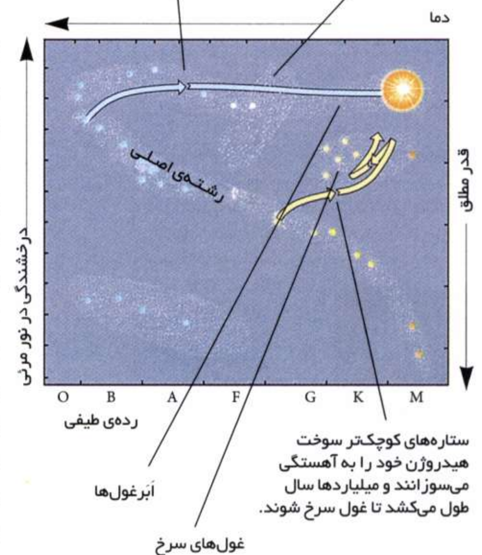
هیدروژن همچنان در پوسته‌ای خارج از هسته به سوختن ادامه می‌دهد.

نمای بزرگ‌شده‌ی هسته

نقطه‌ی داغ جایی است که جریانی از گاز داغ به سطح می‌رسد. نقاط داغ را می‌توان بر سطح غول‌های سرخ نزدیک آشکار کرد.

درون غول سرخ

منبع حرارت غول سرخ نیز، مانند هر ستاره‌ی دیگری، واکنش‌های هسته‌ای در مرکز آن است. مرکز ستاره، که ذخیره‌ی هیدروژن خود را تمام کرده است، تا یک‌دهم اندازه‌ی پیشین خود منقبض می‌شود و در این حالت، کمی بزرگ‌تر از زمین است. دما و فشار زیاد درون این هسته‌ی کوچک شده، باعث می‌شود ستاره هم‌جوشی هلیوم را آغاز کند و با تبدیل آن به عناصر سنگین‌تری مانند کربن و اکسیژن، انرژی تولید کند. در اطراف هسته‌ی درونی، پوسته‌ی نازکی از هیدروژن به تولید هلیوم ادامه می‌دهد.



غول‌های سرخ بر نمودار هرتسپرونگ ـ راسل

تحول ستاره‌های غول

وقتی هیدروژن در هسته‌ی ستاره‌ها تمام شود، وارد مرحله‌ی غولی می‌شوند. وقتی ستاره باد می‌کند و سطح بیرونی آن خنک و سرخ می‌شود، از رشته‌ی اصلی خارج می‌گردد. در این مرحله، ستاره‌های کم‌جرم‌تر به‌طور چشم‌گیری درخشان و وارد ناحیه‌ی غول سرخ می‌شوند. اما درخشندگی ستاره‌های پُرجرم، که خیلی زود به دوره‌ی پایانی زندگی رسیده‌اند، زیاد تغییر نمی‌کند و وارد ناحیه‌ی اَبَرغول‌ها می‌شوند. رنگ ستاره‌ی غول به دمای سطحی آن بستگی دارد؛ ممکن است ستاره‌های اَبَرغول آبی (داغ‌ترین)، سفید، زرد یا قرمز باشند.

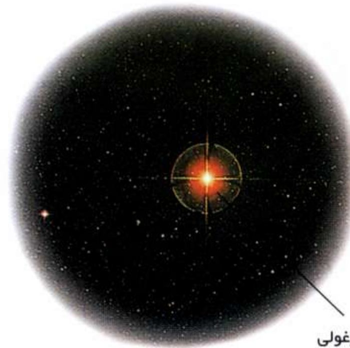


بادهای ستاره‌ای

جوّ خارجی بیش‌تر ستاره‌های غول به صورت باد ستاره‌ای تا چند سال نوری در فضا پراکنده می‌شود. سحابی IC ۲۲۲۰ ابری از گاز و غبار است که از ستاره‌ی غول درونش به فضا پراکنده شده است.

اَبَرغول‌ها

ستاره‌هایی با بیش از ۸ برابر جرم خورشید پس از ترک رشته‌ی اصلی، اَبَرغول می‌شوند. منبع انرژی آن‌ها هم، مانند غول‌ها، هم‌جوشی هلیوم است. اما برخلاف غول‌ها، در این ستاره‌ها کربن و اکسیژن تولید شده هم در فرآیند هم‌جوشی شرکت می‌کنند و عناصر سنگین‌تری می‌سازند.



قلب‌العقرب اَبَرغولی سرخ است.

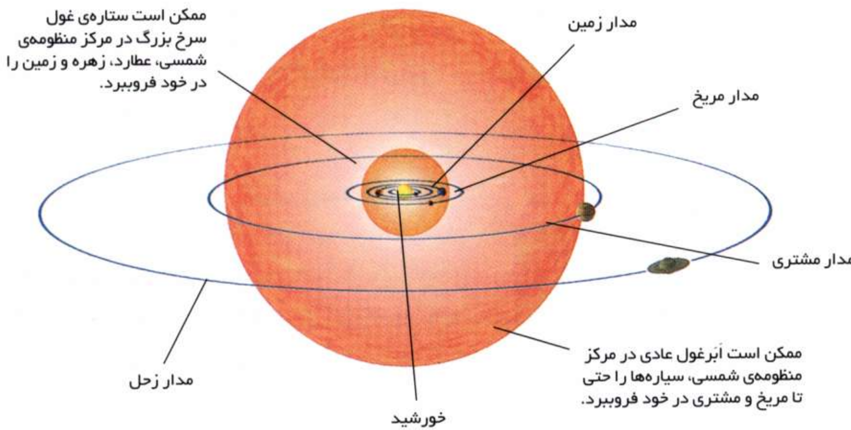
اندازه‌ی غول‌های سرخ

ستاره‌های غول اندازه‌های متفاوتی دارند. وقتی ستاره‌ای عادی تازه رشته‌ی اصلی را ترک می‌کند، ممکن است تا ۲۰۰ برابر قطر خورشید، یعنی تا مدار زمین، باد کرده باشد. وقتی هلیوم‌سوزی آغاز می‌شود، ستاره کمی کوچک‌تر و تا ۱۰ تا ۱۰۰ برابر قطر خورشید منقبض می‌شود. امکان دارد اَبَرغول‌ها از این هم بزرگ‌تر و تا هزار برابر قطر خورشید باشند. یکی از بزرگ‌ترین ستاره‌های آسمان، ستاره‌ی اَبَرغول سرخ مو ـ قیفاووس است که قطری بیش از قطر مدار زحل دارد.

ستاره‌ی اَبَرغول قلب‌العقرب

خورشید با مقیاسی متناسب با غول سرخ

اندازه‌ی خورشید کمتر از ۱۰ درصد از قطر غول سرخ عادی است.



آینده‌ی خورشید

در حدود ۵میلیارد سال آینده، ذخیره‌ی هیدروژن خورشید به پایان می‌رسد. در آن زمان، خورشید دو برابر درخشنده‌تر از اکنون خواهد بود. وقتی خورشید به غولی سرخ تبدیل شود، به شدت منبسط می‌شود. شاید از مرز زهره هم بگذرد و هزار بار درخشان‌تر از امروز می‌درخشد. وقتی هم‌جوشی هلیوم آغاز شود، خورشید پایدارتر می‌شود و تا ۲میلیارد سال بعد هم به صورت ستاره‌ای غول، با قطر حدود ۳۰ برابر امروز، خواهد درخشید.



نمای خورشید غول سرخ از زمین

دانه‌های سیاه غبار در جوّ بیرونی ستاره متمرکز شده‌اند و با باد ستاره‌ای به اطراف پراکنده می‌شوند. غبار در فضای میان‌ستاره‌ای پراکنده می‌شود؛ جایی که ممکن است نسل جدید ستاره‌ها را بسازد.

غول‌های برگزیده

نام	قدر	رده‌ی طیفی	فاصله به سال نوری
سهیل	-۰/۶	F۰ اَبَرغول سفید	۳۱۰
سماک رامح	۰/۰	K۲ غول نارنجی	۳۷
عیوق	۰/۱	G۶ و G۲ غول‌های زرد	۴۲
رجل‌الجبار	۰/۲	B۸ اَبَرغول آبی	۸۰۰
یدالجوزا	۰/۵	M۲ اَبَرغول سرخ	۴۰۰
بتا ـ قنطورس	۰/۶	B۱ غول آبی	۵۳۰
دَبَران	۰/۹	K۵ غول سرخ	۶۵
قلب العقرب	۱/۱	M۱ اَبَرغول سرخ	۵۰۰
پلوکس	۱/۲	K۰ غول نارنجی	۱۲۹
رِدف	۱/۲	A۲ اَبَرغول سفید	۱۵۰۰
بتا ـ صلیب جنوبی	۱/۲	B۰ غول آبی	۳۵۰
گاما ـ صلیب جنوبی	۱/۶	M۴ غول سرخ	۸۸

بیش‌تر بدانیم

ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸، چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰، سحابی‌های سیاره‌نما ۲۰۲
اَبَرنواخترها ۲۰۴

غول‌های سرخ را کجا ببینیم؟

ستاره‌های غول و اَبَرغول از شناخته شده‌ترین ستاره‌های آسمان هستند. دو غول درخشان آسمان، سماک رامح در عوّا و دَبَران در ثورند. ستاره‌ی عیّوق در ارابه‌ران در حقیقت، دو ستاره‌ی غول است که دور هم می‌گردند. برخی اَبَرغول‌های آسمان، سهیل در شاه‌تخته، رجل‌الجبار و یدالجوزا در زانو و شانه‌ی شکارچی (جبّار)، قلب‌العقرب در عقرب، و ردف در دجاجه‌اند. ستاره‌ی مو ـ قیفاووس، که یکی از بزرگ‌ترین اَبَرغول‌هاست، به سبب رنگ قرمزش به ستاره‌ی گارنِت (نارسنگ) مشهور است.

قلب‌العقرب و ستاره‌های نزدیکش در عقرب



سحابی‌های سیاره‌نما

مانند غنچه‌ی گلی که باز می‌شود، سحابی سیاره‌نما هم در فضا گسترده می‌شود. غول سرخ باد کرده مرده است و لایه‌های بیرونی خود را به صورت ابری منبسط شونده، که تا ده‌ها هزار سال دیگر می‌درخشد (چشم بر هم زدنی در مقایسه با عمر ستاره)، به فضا پرتاب می‌کند. همه‌ی ستاره‌ها با جرمی کمتر از ۸ برابر جرم خورشید به این صورت زندگی خود را پایان می‌دهند که موادشان به صورت حلقه‌ها و پوسته‌های درخشان و زیبایی در فضا پراکنده می‌شود. این سحابی به تدریج محو و ناپدید می‌شود؛ اما در قلب آن یک کوتوله‌ی سفید، بقایای داغ و چگال هسته، قرار دارد که طی میلیاردها سال بعدی سرد و خاموش می‌شود تا به کوتوله‌ای سیاه تبدیل شود.

تکه‌های خارجی گاز قدیمی‌تر

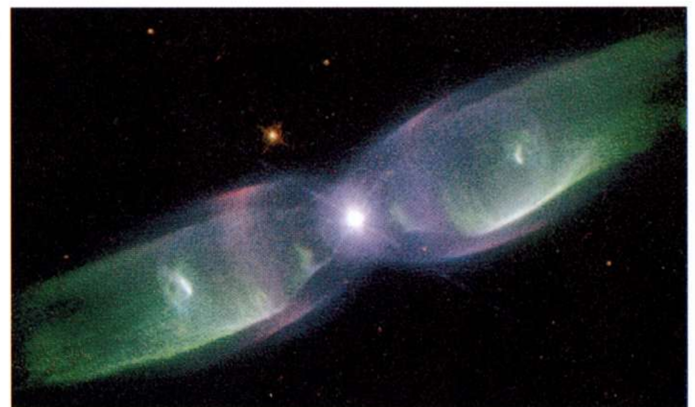
پوسته‌ی درونی گاز تازه رهاشده

کوتوله‌ی سفید درمرکز قرار دارد. در حقیقت، این ستاره هسته‌ی سوخته‌ی غولی سرخ است که اخترشناسان تصور می‌کنند شاید بخشی از یک منظومه‌ی ستاره‌ای دوتایی باشد.

سحابی چشم گربه

سحابی چشم گربه

وقتی غول سرخی هلیوم بیش‌تری برای سوزاندن نداشته باشد، هسته‌ی آن دوباره منقبض و خود ستاره دوباره منبسط می‌شود. اما این بار انبساط آن‌قدر ناگهانی است که لایه‌های خارجی ستاره برای همیشه در فضا پراکنده می‌شوند. تابش قوی از هسته‌ی به شدت داغ ستاره، گازهای فرّار را روشن و یک سحابی سیاره‌نما ایجاد می‌کند (نام این نوع سحابی را ویلیام هرشل سحابی سیاره‌نما گذاشت؛ زیرا به نظر او، این ابرهای قرص‌مانند شبیه سیاره‌ها بودند). سحابی‌های سیاره‌نما فقط چند هزار سال دوام می‌آورند و به دلیل همین عمر کوتاه نیز تقریباً نادرند؛ در سراسر کهکشان راه شیری فقط حدود ۱۵۰۰ سحابی سیاره‌نما شناخته شده است. سحابی چشم گربه یکی از پیچیده‌ترین آن‌هاست که سنّ آن حدود هزار سال است.



سحابی پروانه

یکی از زیباترین سیاره‌نماها، سحابی پروانه (با نام رسمی مینکووسکی ۹ ـ۲) نمونه‌ای از سیاره‌نماهای دوقطبی است. اخترشناسان بر این باورند که کوتوله‌ی سفید در مرکز این سحابی مواد را از ستاره‌ی هم‌دم بزرگ‌تری به سوی خود می‌کشد و قرص چرخانی از گاز و غبار دور آن ایجاد می‌کند. وقتی غول سرخ لایه‌های خارجی خود را به بیرون پرتاب می‌کند، این قرص مواد را در دو سو، به شکل دو فوران یا جت، منحرف می‌کند که با سرعت بیش از ۳۰۰ کیلومتر بر ثانیه گسترش می‌یابند. این سحابی در فاصله‌ی حدود ۲۱۰۰ سال نوری از زمین در جهت صورت فلکی مارافسای قرار دارد و سن آن حدود ۱۲۰۰ سال است.

سحابی حلقه و ستاره‌های نزدیک آن

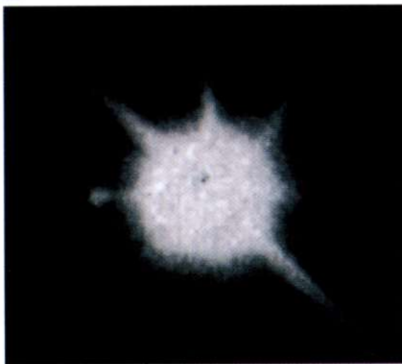


رصد سحابی‌های سیاره‌نما

سیاره‌نماها کم‌فروغ‌اند و بدون تلسکوپ یا دوربین دوچشمی مناسب دیده نمی‌شوند. یکی از سحابی‌هایی که یافتن آن بسیار ساده است، سحابی حلقه در شلیاق است که در جنوب شرقی ستاره‌ی نسر و شرق ستاره‌ی بتا ـ شلیاق قرار دارد. با تلسکوپ و در بزرگ‌نمایی مناسب، این سحابی شبیه حلقه‌ی کوچک و کم‌نوری از دود به‌نظر می‌رسد.

کوتوله‌های سفید

در مرکز هر سحابی سیاره‌نما، ستاره‌ای داغ و کوچک به نام کوتوله‌ی سفید وجود دارد. این ستاره هسته‌ی سوخته‌ی غول سرخ اصلی است؛ جرمی پُر از کربن و اکسیژن که از هم‌جوشی هلیوم تولید شده است. در این حالت، لایه‌های بیرونی غول سرخ پراکنده شده و هسته‌ی عریان آن تنها مانده است. کوتوله‌های سفید، که دیگر انرژی تولید نمی‌کنند، آن‌قدر روی خود رُمبیده‌اند که به حجم کوچکی تبدیل شده‌اند. کوتوله‌ی سفید عادی به جرم خورشید، تا حجمی به اندازه‌ی زمین فشرده می‌شود. امکان دارد حدود ۱۰درصد از کل ستاره‌های کهکشان، کوتوله‌های سفید باشند؛ اما آن‌قدر کم‌نورند که فقط می‌توان نزدیک‌ترین‌ها را دید.



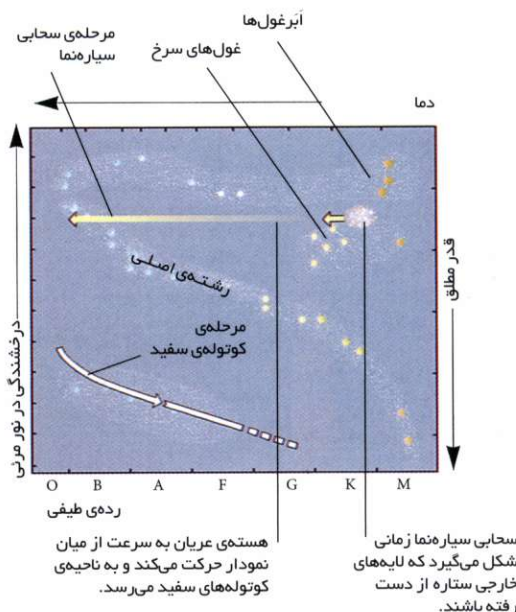
ستاره‌ی شباهنگ B نزدیک‌ترین کوتوله‌ی سفید به خورشید است که در این تصویر به صورت ستاره‌ی کوچکی دور ستاره‌ی درخشان شباهنگ دیده می‌شود.

هیدروژن بیش‌تر ماده‌ی درون سحابی را تشکیل می‌دهد. در این تصویر تلسکوپ فضایی هابل، هیدروژن به رنگ قرمز نشان داده شده است.

عناصر سنگین‌تر، مانند اکسیژن و نیتروژن، به رنگ سبز و آبی نشان داده شده‌اند.

تکامل کوتوله‌های سفید

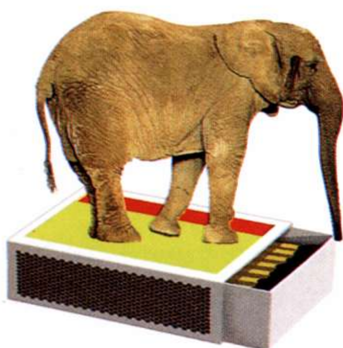
وقتی غول سرخی لایه‌های خارجی خود را پس می‌زند، هسته‌ی عریان آن به صورت ستاره‌ی مرکزی درخشان در سحابی سیاره‌نما، در گوشه‌ی چپ نمودار هرتسپرونگ ـ راسل، دیده می‌شود. این هسته به شدت داغ است و مانند نقطه‌ای نورانی با دمایی تا ۱۰۰هزار درجه‌ی سانتی‌گراد به‌نظر می‌رسد. به مرور که هسته خنک می‌شود، به سوی پایین چپ نمودار، بخش کوتوله‌های سفید، منتقل می‌شود. این ستاره دیگر هیچ سوخت هسته‌ای برای سوزاندن ندارد و به تدریج سرد و ناپدید و در نمودار به گوشه‌ی پایین راست منتقل می‌شود.



هسته‌ی عریان به سرعت از میان نمودار حرکت می‌کند و به ناحیه‌ی کوتوله‌های سفید می‌رسد.

سحابی سیاره‌نما زمانی شکل می‌گیرد که لایه‌های خارجی ستاره از دست رفته باشند.

چگالی کوتوله‌های سفید



مواد ستاره‌ی کوتوله‌ی سفید ۱میلیون بار چگال‌تر از آب است. بنابراین، میدان گرانشی اطراف یک کوتوله‌ی سفید بسیار شدید است. شخصی که روی کوتوله‌ی سفیدی بایستد، حدود ۲۰۰ تُن وزن خواهد داشت. یک قوطی کبریت از ماده‌ی کوتوله‌ی سفید به اندازه‌ی یک فیل وزن دارد!

سحابی درخشان از گازی ساخته می‌شود که از ستاره در مرحله‌ی غول سرخی آن به فضا پراکنده شده است. این گاز از تابش کوتوله‌ی سفید مرکز سحابی گرم می‌ماند.

حدّ چاندراسکار

هیچ کوتوله‌ی سفیدی نمی‌تواند پرجرم‌تر از ۱/٤ جرم خورشید باشد. این کشف عجیب را سوبرامانیان چاندراسکار در سال ۱۹۳۰ انجام داد. او دریافت که هرچه کوتوله‌ی سفید پرجرم‌تر باشد، بر اثر نیروی گرانش، بیش‌تر روی خود فرومی‌ریزد و اندازه‌اش کوچک‌تر می‌شود. اگر هسته‌ی ستاره‌ی سوخته (در آخرین مرحله‌ی غول سرخ) سنگین‌تر از ۱/٤ جرم خورشید باشد (حدّ چاندراسکار) رمبش هسته به جای تولید کوتوله‌ی سفید، جرم کوچک‌تر و بسیار فشرده‌تری می‌سازد که ستاره‌ی نوترونی یا سیاه‌چاله است.



هرچه کوتوله‌ی سفید پُرجرم‌تر باشد، کوچک‌تر و چگال‌تر است.

کوتوله‌ی سفید کم‌جرم‌تر، بزرگ‌تر است.

سحابی‌های سیاره‌نمای مهم

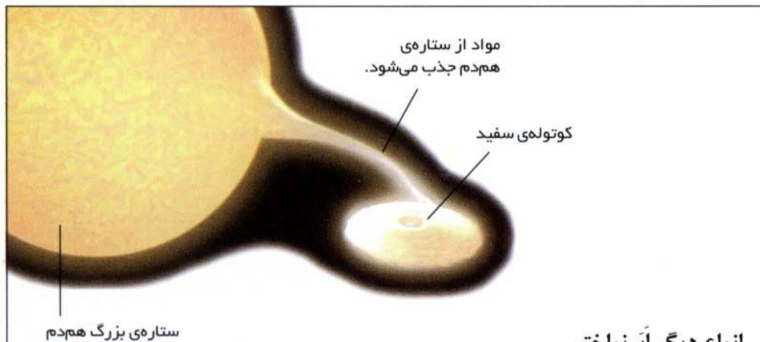
نام	صورت فلکی	فاصله به سال نوری	اندازه به سال نوری
هلیکس (NGC۷۲۹۳)	دلو	۴۵۰	۱/۰
دَمبِل (M۲۷)	روباهک	۱۰۰۰	۱/۵
جغد (M۹۷)	دب اکبر	۱۳۰۰	۱/۰
حشره (NGC۶۳۰۲)	عقرب	۶۵۰۰	۰/۵
حلقه (M۵۷)	شلیاق	۲۰۰۰	۱/۵
زحل (NGC۷۰۰۹)	دلو	۳۰۰۰	۱/۵
اسکیمو (NGC۲۳۹۲)	دوپیکر	۳۰۰۰	۰/۵
سیاره‌نمای چشمک‌زن (NGC۶۸۲۶)	دجاجه	۳۲۰۰	۲/۵
دمبل کوچک (M۷۶)	برساوش	۳۵۰۰	۵/۰
چشم گربه (NGC۶۵۴۳)	اژدها	۳۰۰۰	۶/۰

بیش‌تر بدانیم

ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸، غول‌های سرخ ۲۰۰
اَبَرنواخترها ۲۰۴، ستاره‌های نوترونی ۲۰۶، سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸

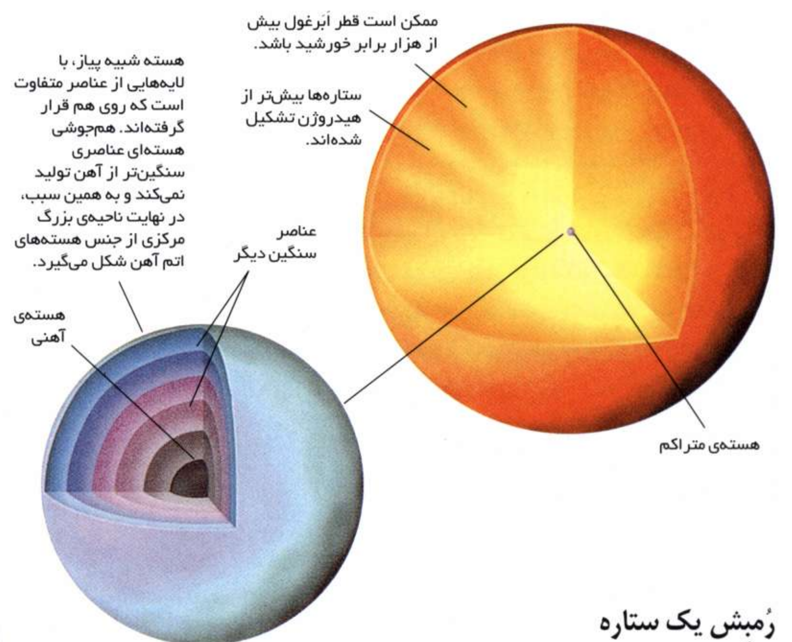
اَبَرنواخترها

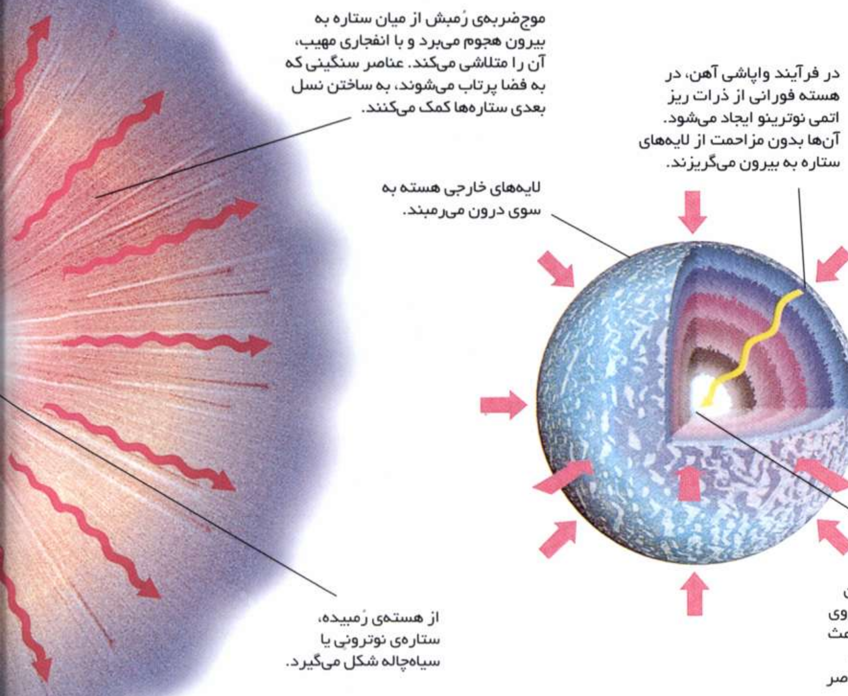
پُرجرم‌ترین ستاره‌های عالم، زندگی خود را با انفجاری عظیم به نام اَبَرنواخترها به‌پایان می‌برند. ستاره ماده‌ی خود را به سوی فضا پرتاب می‌کند و ممکن است درخشندگی آن چند روزی از کل یک کهکشان هم بیش‌تر باشد. ما هنوز هم می‌توانیم بقایای درخشان ستاره‌های منفجر شده را، که صدها یا هزاران سال پیش از هم پاشیده‌اند، ببینیم. اَبَرنواخترها نادرند؛ در کهکشان خودمان به طور میانگین در هر قرن یک یا دو اَبَرنواختر رخ می‌دهد که برخی از آن‌ها نیز در پس غبار کهکشان پنهان می‌شوند. آخرین اَبَرنواختر قطعی که در راه شیری دیده شد، اَبَرنواختر کپلر در سال ۱۶۰۴ بود. اما اخترشناسان، به‌خصوص رصدگران آماتور، تعداد بسیار بیش‌تری را در دیگر کهکشان‌ها یافته‌اند.



انواع دیگر اَبَرنواختر

اَبَرغولی که منفجر شود، اَبَرنواخترها نوع دوم (II) است؛ اَبَرنواختر نوع اول (Ia) حتی از این هم بسیار پرقدرت‌تر است. وقتی کوتوله‌ی سفید کوچک و چگال از ستاره‌ی هم‌دم خود گاز جذب کند، ممکن است جرم آن به اندازه‌ای افزایش یابد که نتواند بیش از آن فشار گرانشی خود را تحمل کند و بر سر خود فرو بریزد (برُمبَد) و در انفجاری مهیب نابود شود. اَبَرنواختر نوع اول a همیشه به درخشندگی یکسانی می‌رسد؛ زیرا جرم آستانه‌ی رمبش کوتوله‌ی سفید ۱/٤ جرم خورشید، یعنی حدّ چاندراسکار است. در نتیجه می‌توان از آن برای اندازه‌گیری فاصله تا کهکشان‌های دوردست استفاده کرد.





رُمبِش یک ستاره

وقتی ستاره‌ای پُرجرم‌تر از حدود ۸ برابر جرم خورشید، ذخیره‌ی هیدروژن خود را به‌پایان می‌رساند، باد می‌کند و به یک اَبَرغول تبدیل می‌شود. اَبَرغول‌ها، برخلاف غول‌ها، در درون به حدّ کافی گرم‌اند و می‌توانند کربن و اکسیژن حاصل از هلیوم‌سوزی را نیز به جای سوخت مصرف و عناصر سنگین‌تری تولید کنند. اَبَرغول‌ها می‌توانند عناصری به سنگینی آهن تولید کنند.



اَبَرنواختر ۱۹۸۷A تا بیستم ماه مه آن‌سال، درخشنده‌تر شد و عامل درخشندگی آن هم عناصر رادیواکتیوی بودند که در انفجار تولید شده بودند. ساختار و جرم ستاره‌ی اولیه بر بیشینه‌ی درخشندگی آن تاثیر می‌گذارد.



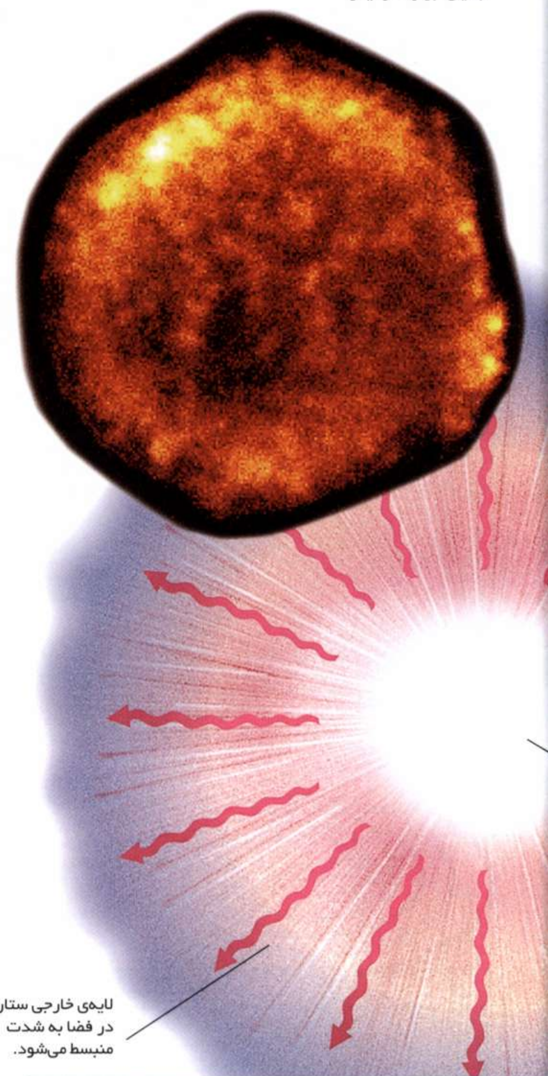
سه سال پیش از انفجار، ستاره‌ای که اَبَرنواختر ۱۹۸۷A را ساخت، اَبَرغول آبی رنگی بود که به زحمت دیده می‌شد. جرم این ستاره ابتدا ۲۰ برابر خورشید بود.

اَبَرنواختر ۱۹۸۷A

درخشان‌ترین اَبَرنواختر دیده شده از زمین در چهار قرن گذشته، روز بیست‌وسوم فوریه‌ی سال ۱۹۸۷ در ابر بزرگ ماژلان، یکی از کهکشان‌های کوچک قمر راه شیری، رخ داد. طی ۸۵ روز، درخشندگی ستاره به قدر ۲/۸ رسید. به‌طوری که به سادگی با چشم غیر مسلح دیده می‌شد. اما درخشندگی حقیقی آن به‌نحو شگفت‌انگیزی در مقایسه با اَبَرنواخترهای کهکشان‌های دوردست، کمتر بود. اخترشناسان سه ساعت پیش از آغاز درخشان شدن ستاره، فورانی از نوترینو را از رُمبِش هسته‌ی آن ثبت کردند.

بازمانده‌ی اَبَرنواختر

بقایای ستاره‌های منفجر شده بسیار داغ‌اند و تا هزاران سال به انبساط و درخشش ادامه می‌دهند. تاکنون بیش از ۲۵۰ بازمانده‌ی انفجار اَبَرنواختری شناسایی شده‌اند. این تصویر پرتو ایکس بازمانده‌ی اَبَرنواختری را نشان می‌دهد که در سال ۱۵۷۲ در صورت فلکی ذات‌الکرسی منفجر شد. این اَبَرنواختر به نام تیکو براهه، رصدگری که آن را به دقت بررسی کرد، مشهور شده است.





بقایای ستاره‌ای

سحابی بازمانده‌ی اَبَرنواختریِ بادبان، باقی‌مانده‌ی ستاره‌ای است که حدود ۱۱هزار سال پیش منفجر شد. مرکز آن حدود ۱۵۰۰ سال نوری از خورشید فاصله دارد. موادی که با سرعت هزاران کیلومتر بر ثانیه منبسط می‌شوند، با لایه‌های گاز در فضا برخورد، آن‌ها را گرم و وادار به تابش کردند. نور سرخ، حاصلِ هیدروژن و نور آبی، حاصلِ اکسیژن است. تابش داغ بازمانده‌ی اَبَرنواختری بادبان را می‌توان با تلسکوپ‌های پرتو ایکس مشاهده کرد.



عکسی از سال ۱۹۴۰ از کهکشان NGC ۴۷۲۵ در صورت فلکی گیسوان برنیکه.



عکسی از سال ۱۹۴۱ از همان منطقه که در آن اَبَرنواختری درخشان دیده می‌شود. با مقایسه‌ی چنین عکس‌هایی می‌توان تغییرات ستاره‌های کهکشان را آشکار کرد.

جست‌وجوی اَبَرنواخترها

اخترشناسان نمی‌توانند زمان دقیق انفجار ستاره‌ها را پیش‌بینی کنند و تا همین اواخر اَبَرنواخترها فقط بر حسب تصادف کشف شدند. در روزگار ما، اخترشناسان حرفه‌ای برای جست‌وجوی صدها کهکشان دوردست در یک شب، از تلسکوپ‌های خودکار و رایانه استفاده می‌کنند. اخترشناسان آماتور نیز در شکار اَبَرنواخترها نقش مهمی دارند. برخی از روش عکاسی سنتی و برخی از دوربین‌های الکترونیک استفاده می‌کنند، در حالی که بسیاری نیز فقط از چشمان و حافظه‌ی خود بهره می‌برند. از سال ۱۹۵۷، که نخستین کشف آماتوری یک اَبَرنواختر رخ داد، تا به حال منجمان آماتور صدها اَبَرنواختر کشف کرده‌اند. آن‌ها به‌طور مستقل یا در شبکه‌ی جهانی جست‌وجوگران اَبَرنواخترها، این جرم‌ها را در کهکشان‌های گوناگون می‌یابند.

اَبَرنواخترهای برگزیده

سال	صورت فلکی	قدر	فاصله به سال نوری
۱۸۵	قنطورس	-۲	۸۲۰۰
۳۸۶	قوس	۱/۵	۱۶۰۰۰
۳۹۳	عقرب	-۳	۳۴۰۰۰
۱۰۰۶	گرگ	-۷/۵	۷۱۰۰
۱۰۵۴	ثور	-۵/۵	۶۵۰۰
۱۱۸۱	ذات‌الکرسی	-۱	۸۸۰۰
۱۵۷۲	ذات‌الکرسی	-۴	۷۵۰۰
۱۶۰۴	مارافسای	-۳	۱۲۵۰۰
۱۹۸۷	ماهی طلایی	۲/۸	۱۶۰۰۰۰

اکتشاف اَبَرنواخترها

• نخستین رصد ثبت شده‌ی یک اَبَرنواختر را اخترشناسان چینی در قرن دوم میلادی انجام دادند.

• اَبَرنواختر سال ۱۰۰۶ میلادی به روشنایی ۱۵ برابر سیاره‌ی زهره رسید و به پُرنورترین اَبَرنواختر ثبت شده در تاریخ بدل شد. اخترشناسانی از آسیای شرقی تا کشورهای اسلامی، آن را ثبت کردند.

• اَبَرنواختر درخشانی که چینی‌ها در سال ۱۰۵۴ میلادی ثبت کردند، به شکل‌گیری سحابی خرچنگ در صورت فلکی ثور منجر شد. احتمالاً این اَبَرنواختر در نقاشی‌های دیواری بومیان آمریکا در آن زمان نیز ثبت شده است.

• آخرین اَبَرنواختری را که در کهکشان ما رصد شده، یوهانس کپلر در سال ۱۶۰۴ ثبت کرده است. این اَبَرنواختر در درخشان‌ترین حالت به قدر ۳- رسید (در سال ۱۶۸۰ نیز جان فلامستید ستاره‌ی کم‌نوری را در ذات‌الکرسی ثبت کرد که شاید اَبَرنواختر سازنده‌ی سحابی و منبع رادیویی ذات‌الکرسی A باشد).

• نخستین بار سحابی خرچنگ (M1) را شارل مسیه در فهرست سال ۱۷۷۱ خود ثبت کرد.

• در سال ۱۸۸۵، ارنست هارتویگ (۱۹۲۳ - ۱۸۵۱) اخترشناس آلمانی، ستاره‌ی جدید درخشانی را در کهکشان مُسَلسَله (آندرومدا) کشف کرد که نخستین اَبَرنواختری بود که در کهکشانی دیگر رصد می‌شد. اما آن زمان، که از ماهیت کهکشانی جرم‌ها، مانند کهکشان مسلسله خبر نداشتند، این ستاره را نواختر دانستند.

• واژه‌ی اَبَرنواختر (سوپرنوا) را والتر باده و فریتز زوییکی در سال ۱۹۳۴ ابداع کردند.

• در سال ۱۹۴۲، دانشمندان دریافتند که سحابی خرچنگ بقایای درخشان اَبَرنواختر سال ۱۰۵۴ میلادی است.

• در دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی، ویلیام فولر (۱۹۹۵ - ۱۹۱۱) اخترشناس آمریکایی و فرد هویل توضیح دادند که وقتی سوخت ستاره‌ای پُرجرم به‌پایان می‌رسد، چگونه اَبَرنواختری شکل می‌گیرد.

• اَبَرنواختر ۱۹۸۷A در ابر بزرگ ماژلان نخستین اَبَرنواختر نزدیک بود که با ابزارهای جدید بررسی شد.

بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ‌های عجیب ۴۰
چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰
ستاره‌های نوترونی ۲۰۶
سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸
مقیاس کیهان ۲۳۸

ستاره‌های نوترونی

انفجار یک اَبَرنواختر نشان از مرگ یک ستاره دارد؛ اما همان ستاره به گونه‌ای دیگر دوباره متولّد می‌شود. بخش‌های خارجی ستاره زمانی در فضا پراکنده می‌شوند که هسته‌ی آن بر خود می‌رُمبد و به ستاره‌ی نوترونی تبدیل می‌شود؛ در این حالت، جسمی کوچک و اَبَرچگال ۱/۵ برابر جرم خورشید را در فضایی به پهنای نصف شهر تهران فشرده کرده است. ستاره‌های نوترونی، به سبب میدان‌های گرانشی و مغناطیسی بسیار قدرت‌مند خود، معمولاً به تپ‌اختر تبدیل می‌شوند. تپ‌اخترهای رادیویی، تپ‌های منظمی از امواج رادیویی و تپ‌اخترهای پرتو ایکس مانند هم‌نوعان خود، فوران‌های منظمی دارند اما در تابش پرانرژی ایکس. شاید کهکشان راه شیری مملو از بقایای تیره‌ی این اجسام عجیب باشد.

سحابی خرچنگ

گاز حاصل از انفجار با سرعت هزار کیلومتر بر ثانیه به بیرون پرتاب می‌شود.

ستاره‌ی مرکزی یک تپ‌اختر است؛ ستاره‌ی نوترونی چرخانی با میدان مغناطیسی بسیار قدرت‌مند که انرژی آن موجب تابش سحابی می‌شود.

پرتوهای تابش تپ‌اختر، گاز اطراف را روشن می‌کند.

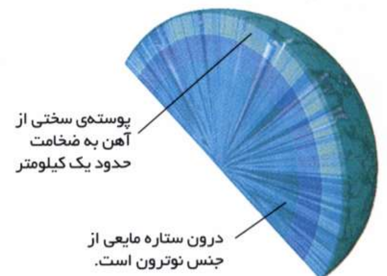
سحابی خرچنگ

شناخته شده‌ترین ستاره‌ی نوترونی در قلب سحابی خرچنگ قرار دارد که بازمانده‌ی انفجار اَبَرنواختری سال ۱۰۵۴ میلادی است. با آن‌که بیش‌تر ماده‌ی ستاره در ناحیه‌ای به گستردگی ۱۵ سال نوری در فضا پراکنده شده، هسته‌ی رُمبیده‌ی ستاره باقی مانده و ۱/۵ جرم خورشیدی در خود حفظ کرده است. این ستاره‌ی نوترونی، که با سرعت سرسام‌آور ۳۰ بار در ثانیه دور خود می‌چرخد، انرژی را به شکل نور مرئی، امواج رادیویی و پرتو ایکس ارسال می‌دارد و مانند اجاقی روشن، سبب درخشش سحابی بازمانده‌ی اَبَرنواختری می‌شود.

درون ستاره‌ی نوترونی

ستاره‌های نوترونی از گاز ساخته نشده‌اند؛ بلکه ترکیبی از ماده به حالت جامد و مایع‌اند. پوسته‌ی خارجی از آهن جامد و زیر آن مایعی است که بیش‌تر از ذرات ریز اتمی به نام نوترون تشکیل شده است. وقتی هسته‌ی ستاره رُمبید، بیش‌تر اتم‌ها در فشار گرانشی شدید واپاشیدند الکترون‌ها و پروتون‌ها با فشار با هم ترکیب و نوترون‌ها تشکیل شدند.

درون ستاره‌ی نوترونی



چگالی ستاره‌ی نوترونی

نوترون‌های ستاره‌ی نوترونی ذراتی بسیار کوچک‌اند و بسیار تنگ به هم فشرده شده‌اند. به همین سبب، این ستاره‌ها به نحو خارق‌العاده‌ای چگال‌اند و در قلمرو اطرافشان گرانش آن‌ها قوی است. به‌طوری که یک موشک برای بلند شدن از سطح آن‌ها باید سرعت اولیه‌ای معادل نصف سرعت نور داشته باشد. چگالی ستاره‌ی نوترونی چنان زیاد است که به اندازه‌ی یک سکه‌ی ۵۰ تومانی از ماده‌ی آن برابر تمام جمعیت انسانی روی زمین جرم دارد. ستاره‌ی نوترونی سنگین‌تر از حدود ۳ برابر جرم خورشید، در اثر گرانش خود دوباره می‌رُمبد و به سیاه‌چاله تبدیل می‌شود.



یک سر سوزن از ماده‌ی ستاره‌ی نوترونی، دو برابر بزرگ‌ترین کشتی اَبَرتانکر جهان وزن، یا به‌طور دقیق‌تر، جرم دارد.

تپ‌اخترهای برگزیده

نام	دوره‌ی تناوب به ثانیه	فاصله به سال نوری	توضیحات
میلی‌ثانیه‌ای	۰/۰۰۲	۳۱/۰۰۰	نخستین تپ‌اختر رده‌ی میلی ثانیه‌ای
بیوه‌ی سیاه *	۰/۰۰۲	۵/۰۰۰	تپ‌اختر دوتایی
خرچنگ	۰/۰۳۳	۸/۱۰۰	در سال ۱۰۵۴ شکل گرفته است
دوتایی	۰/۰۵۹	۲۳/۰۰۰	نخستین تپ‌اختر دوتایی
بادبان	۰/۰۸۹	۱/۵۰۰	منبع پرتو گاما
PSR۱۹۱۹+۲۱ **	۱/۳۳۷	۲/۱۰۰	نخستین تپ‌اختر رادیویی
J۱۹۵۱+۱۱	۵/۰۹۴	۵/۴۰۰	یکی از بلندترین دوره‌های تناوب
جِمینگا	۰/۲۳۷	۵۲۰	تپ‌اختر پرتو ایکس و گاما
جاثی ۱ ـ X	۱/۲۴	۱۵/۰۰۰	تپ‌اختر پرتو ایکس
قنطورس ۳ ـ X	۴/۸۴	۲۵/۰۰۰	نخستین تپ‌اختر پرتو ایکس

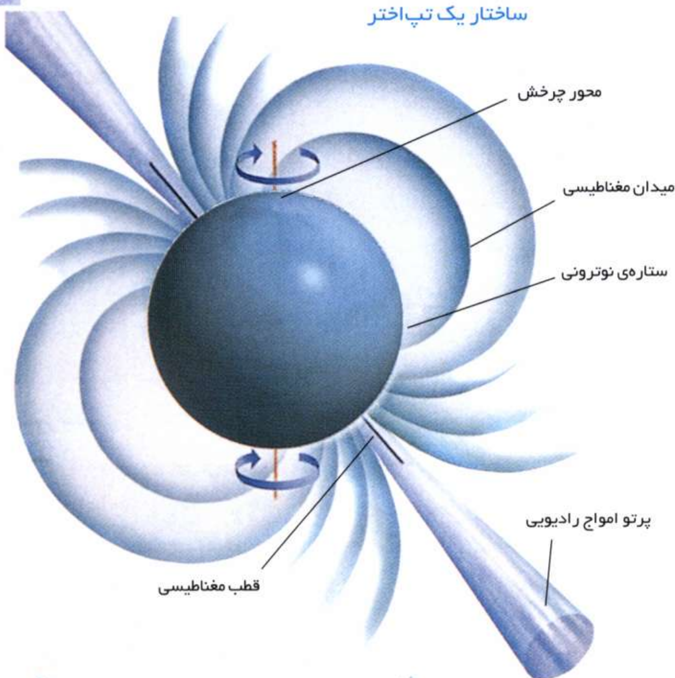
* بیوه‌ی سیاه نام نوعی عنکبوت بسیار سمّی است.
** در این روش نام‌گذاری، اعداد مختصات استوایی جرم‌اند و ابتدا بُعد و سپس مِیل آن‌را نشان می‌دهند.

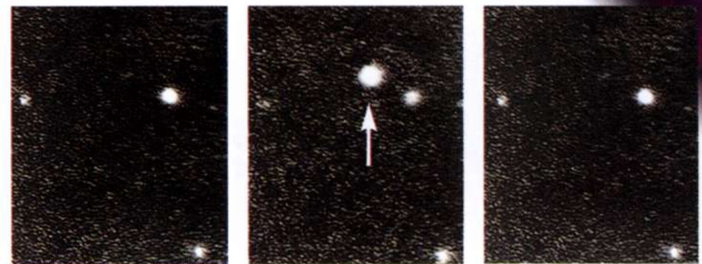
تپْ‌اخترها

از سال ۱۹۶۷، که نخستین تپ‌اختر از تپ‌های رادیویی منظم و شگفت‌انگیز آن کشف شد، اخترشناسان حدود ۲هزار تپ‌اختر کشف کرده‌اند. تپ‌اخترها ستاره‌های نوترونی چرخان و بسیار مغناطیسی‌اند که فوران‌های منظم امواج رادیویی ارسال می‌کنند. سریع‌ترین تپ‌اختر بیش از ۷۰۰ بار در ثانیه می‌تپد (سریع‌ترین مخلوط‌کن‌های آشپزخانه ۵۰۰ بار در ثانیه می‌چرخند!). از سوی دیگر، آرام‌ترین تپ‌اخترها هر ۸ ثانیه یک تَپ ارسال می‌کنند. بیش‌تر تپ‌اخترهای شناخته شده، در کهکشان راه شیری قرار دارند و بسیاری از آن‌ها در خوشه‌های کروی پیدا شده‌اند. مگنتارها یا مغناطاخترها نوع تازه شناخته شده‌ای از ستاره‌های نوترونی‌اند که میدان مغناطیسی بسیار قدرت‌مندی دارند. شاید آن‌ها منشأ برخی فوران‌های اسرارآمیز پرتو گاما از فضا باشند.

وقتی پرتوهای رادیویی تپ‌اختر با گاز اطراف آن برخورد می‌کند، دو رشته‌ی مواج گازمانند در بیرون دو فوران ظاهر می‌شود.

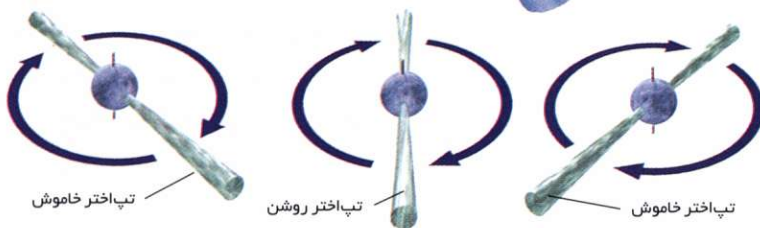
ساختار یک تپ‌اختر





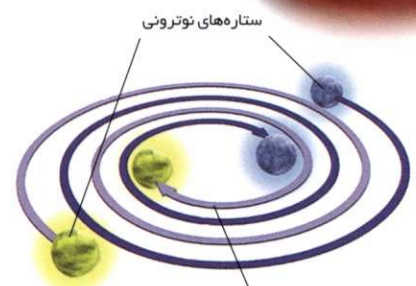
تپ‌اخترهای مرئی

تعداد کمی از تپ‌اخترها، علاوه بر امواج رادیویی، تپ‌هایی از نور مرئی هم ارسال می‌کنند. تپ‌اختر درون سحابی خرچنگ مانند ستاره‌ای است که در هر ثانیه ۳۰ بار خاموش و روشن می‌شود. تپ‌اختری دیگر، در بازمانده‌ی اَبَرنواختری بادبان، ۱۱ بار در هر ثانیه می‌تپد.



سازوکار تپ‌اخترها

قطب‌های مغناطیسی ستاره‌ی نوترونی، به سبب چرخش سریع و میدان مغناطیسی بسیار قدرت‌مندی که دارد، به نواحی فعال و تابانی تبدیل می‌شود. ممکن است امتداد یکی از این قطب‌ها به سمت زمین باشد (امتداد قطب‌های مغناطیسی با محور چرخش یکی نیست). در این صورت، هربار که این پرتو در جهت دید ما باشد، می‌توانیم آن را درست مانند نور یک چراغ دریایی آشکار کنیم. این تپ‌ها مانند ساعتی فوق دقیق‌اند و هزاران سال طول می‌کشد که دوره‌ی تناوب آن‌ها تغییر اندکی پیدا کند. اما به هر حال، ستاره‌ی نوترونی چرخان به تدریج تمام انرژی خود را تابش می‌کند و آرام می‌گیرد. پس از میلیون‌ها سال، گردش آن به‌اندازه‌ای کند می‌شود که قطب‌های مغناطیسی امواج رادیویی ارسال نمی‌کنند و سرانجام ستاره از نظر ناپدید می‌شود.



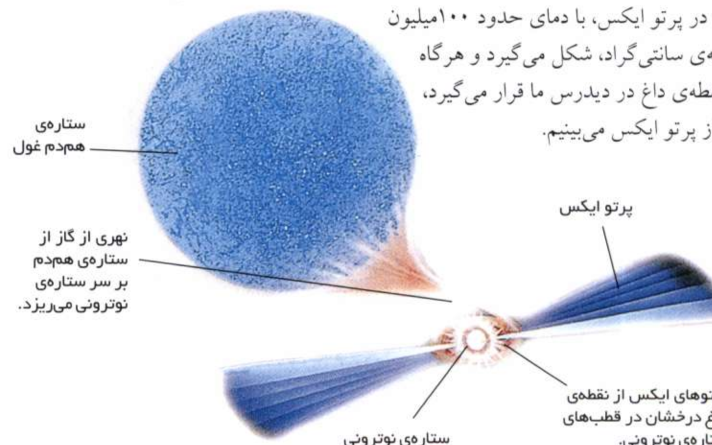
جفت ستاره‌ی نوترونی در مداری گردابی دور هم می‌گردند و آرام‌آرام به هم نزدیک می‌شوند.

تپ‌اخترهای دوتایی

برخی تپ‌اخترها دور ستاره‌های دیگری می‌گردند و منظومه‌ای به نام تپ‌اختر دوتایی شکل می‌دهند. ممکن است ستاره‌ی هم‌دم، ستاره‌ای عادی، کوتوله‌ای سفید یا ستاره‌ای نوترونی باشد. اخترشناسان ارسال تَپ‌ها را در منظومه‌هایی با دو ستاره‌ی نوترونی اندازه گرفتند و دریافتند که ستاره‌های نوترونی به آهستگی در حرکتی مارپیچی به سوی هم می‌روند. آن‌ها سرانجام با هم برخورد می‌کنند و در رُمبشِ انفجاری شدیدی، شاید حتی سیاه‌چاله‌ای بسازند.

دوتایی‌های پرتو ایکس

برخی تپ‌اخترها به جای امواج رادیویی، پرتوهای ایکس ارسال می‌دارند. ستاره‌ای نوترونی در منظومه‌ای دوتایی از ستاره‌ی عادی هم‌دم خود گاز می‌کشد. این گاز در میدان مغناطیسی قوی ستاره‌ی نوترونی به دام می‌افتد و به سوی قطب‌ها، جایی که گاز با سطح برخورد می‌کند، سرازیر می‌شود. نقطه‌ای داغ و تابان در پرتو ایکس، با دمای حدود ۱۰۰میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد، شکل می‌گیرد و هرگاه که نقطه‌ی داغ در دیدرس ما قرار می‌گیرد، تپی از پرتو ایکس می‌بینیم.



تپ‌اخترهای بازیافته

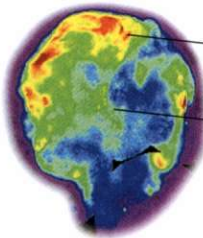
برخی اخترهای رادیویی بسیار به سرعت می‌چرخند و در هر ثانیه صدها تَپ ارسال می‌کنند. به تندترین آن‌ها تپ‌اخترهای میلی‌ثانیه‌ای می‌گویند. اخترشناسان بر این باورند که بیش‌تر آن‌ها تپ‌اخترهای قدیمی‌اند که مدت‌ها پیش آرام گرفته و مرده‌اند؛ اما دوباره به سبب بلعیدن گاز ستاره‌ی هم‌دم، که در حال گذر از مرحله‌ی غول سرخی است، دوباره تند و فعال شده‌اند و تپ‌هایی می‌فرستند. شاید دوتایی‌های پرتو ایکس مثالی از تپ‌اخترهای قدیمی باشند که به زندگی بازگشته‌اند.

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی پرتو ایکس ۳۴
چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰
غول‌های سرخ ۲۰۰
اَبَرنواخترها ۲۰۴، سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸

سیاه‌چاله‌ها

سیاه‌چاله‌ها عجیب‌ترین اجسام کیهان‌اند که به درستی چنین نام گرفته‌اند؛ زیرا هیچ نوری از آن‌ها فرستاده نمی‌شود که اطلاعاتی به‌دست دهد. علاوه بر این، بیش‌تر سیاه‌چاله‌ها مرحله‌ی نهایی زندگی درخشان‌ترین ستاره‌های کیهان، یعنی ستاره‌های غول هستند که اَبَرنواختر شده‌اند. هسته‌ی بی‌نهایت فشرده‌ای که پس از انفجار باقی می‌ماند، چنان گرانش قدرت‌مندی دارد که حتی نور هم نمی‌تواند از آن بگریزد؛ پس این جسم سیاه است و چون هیچ چیز نمی‌تواند سرعتی بیش از سرعت نور داشته باشد، هر آن‌چه بر این جسم سقوط کند، تا ابد آن‌جا به دام افتاده است. بنابراین، این جسم چاله‌ای در فضا نیز به حساب می‌آید. ردیابی سیاه‌چاله‌ها در پس‌زمینه‌ی سیاه فضا، کار بسیار مشکلی است؛ اما اخترشناسان مطمئن هستند که آن‌ها وجود دارند.



بقایای ابرنواختری

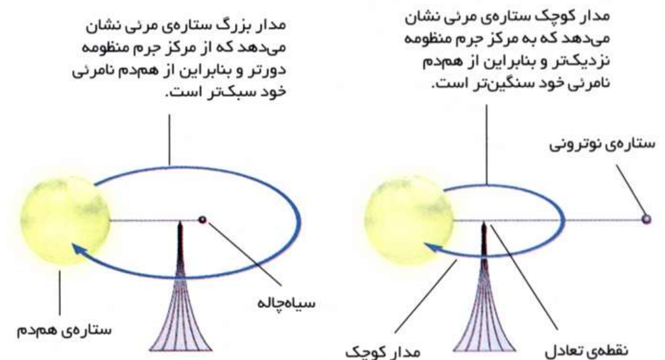
شکل‌گیری

وقتی اَبَرنواختری منفجر می‌شود، هسته‌ی ستاره ناگهان چنان روی خود می‌رُمبد که به ستاره‌ی نوترونی تبدیل می‌شود. اما همیشه این اتفاق نمی‌افتد. در این طرح خیالی از باقی مانده‌ی آتشین اَبَرنواختر، هیچ نشانی از ستاره‌ی نوترونی مرکزی نیست. اگر هسته‌ی رُمبیده، سنگین‌تر از حدود ۳ برابر جرم خورشید باشد، حتی نوترون‌های کاملاً به‌هم فشرده نمی‌توانند در برابر این گرانش دوام بیاورند و ستاره به کلی بر خود می‌رُمبد تا به سیاه‌چاله تبدیل شود. هیچ نیرویی جلودار این فروریزش گرانشی نیست و از دید محاسبات ریاضی، ستاره تا ابد می‌رُمبد و به سوی نقطه‌ای در فضا با چگالی بی‌نهایت به نام تَکینگی میل می‌کند.

جریان سرازیر شده از ستاره با گاز اطراف سیاه‌چاله برخورد و نقطه‌ی داغ درخشانی ایجاد می‌کند.

آشکارسازی

بیش‌تر سیاه‌چاله‌ها را فقط در صورتی می‌توان آشکار کرد که به ستاره‌ی دیگری نزدیک باشند. گرانش قدرت‌مند این سیاه‌چاله‌ها نهرهایی از گاز را با سرعت بسیار زیاد از ستاره‌ی هم‌دم خود می‌رباید. گاز به سوی مرکز سیاه‌چاله سرازیر می‌شود و گردابی مارپیچی، به نام قرص بَرافَزایشی، دور آن شکل می‌دهد. اصطکاک آن‌قدر این گاز چرخان را داغ می‌کند که به شدت می‌تابد. داغ‌ترین بخش‌ها به دمای ۱۰۰میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسند و پرتو ایکس روانه می‌کنند.

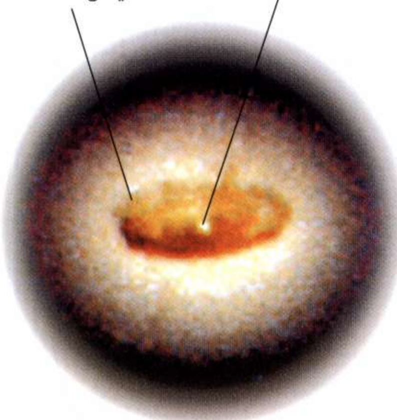


وزن‌کشی سیاه‌چاله‌ها

وقتی اخترشناسان ستاره‌ای را در مدار هم‌دمی ناپیدا می‌یابند، می‌توانند از چگونگی گردش مداری، ستاره هم‌دم را وزن‌کشی کنند تا دریابند که آیا ستاره‌ای نوترونی است یا یک سیاه‌چاله. ستاره‌ی نوترونی بیش از ۳ برابر خورشید جرم ندارد؛ پس سنگین‌تر از این حد، باید سیاه‌چاله باشد. هر دو جسم دور یک نقطه‌ی تعادل یا مرکز جرم در منظومه می‌گردند و جرم نسبی این دو ستاره را می‌توان با یافتن موقعیت دقیق این نقطه‌ی تعادل محاسبه کرد. اخترشناسان جرم ستاره‌ی مرئی را به کمک درخشندگی و رنگ آن تخمین می‌زنند و سپس می‌توانند جرم هم‌دم را محاسبه کنند.

سیاه‌چاله‌های ابرپُرجرم

جرم برخی سیاه‌چاله‌ها چند میلیون یا حتی چند میلیارد برابر خورشید است. آن‌ها در مرکز کهکشان‌ها خانه دارند و نه بر اثر یک انفجار اَبَرنواختری، بلکه به سبب رُمبش ابرهای گازی عظیم در گذشته‌ی کهکشان یا بر اثر ادغام انبوه سیاه‌چاله‌های ستاره‌ای در مرکز کهکشان شکل گرفته‌اند. گرانش شدید آن‌ها غبار و گاز را از نواحی عظیمی از فضا جذب می‌کند و قرص‌های بَرافزایشی پُرجرمی را شکل می‌دهد. امکان دارد این قرص‌ها به سبب غبار یا فعالیت کم، تیره به‌نظر برسند؛ مانند سیاه‌چاله‌ی کهکشان NGC ٤٢٦١ یا به روشنی بدرخشند که به آن‌ها اختروش گفته می‌شود. در سال‌های اخیر، نشانه‌هایی از وجود دسته‌ی سومی از سیاه‌چاله‌ها به نام میان‌وزن نیز پیدا شده است. آن‌ها با جرم چندهزارخورشید نه ستاره و نه کهکشان‌اند و احتمالاً در مرکز خوشه‌های کروی شکل می‌گیرند.



کهکشان فعال NGC۴۲۶۱

سیاه‌چاله‌های منتخب

نام	جرم	جرم ستاره‌ی هم‌دم
MGROJ ۱۶۵۵-۴۰	۵/۵ خورشید	۱/۲ خورشید
LMC X-۳ (در ابر کوچک ماژلان)	۶/۵ خورشید	۲۰ خورشید
JO۴۲۲۴۳۲	۱۰ خورشید	۰/۳ خورشید
Ao ۶۲۰-۰۰	۱۱ خورشید	۰/۵ خورشید
V۴۰۴- دجاجه	۱۲ خورشید	۰/۶ خورشید
دجاجه X-۱	۱۶ خورشید	۳۰ خورشید

گاز به سبب گرانش بسیار قوی سیاه‌چاله، از ستاره‌ی هم‌دم ربوده می‌شود.

گاز نهری طولانی را شکل می‌دهد که هرچه به سیاه‌چاله نزدیک‌تر می‌شود، با سرعت بیش‌تری حرکت می‌کند.

ستاره‌ی هم‌دم غول آبی

در نزدیکی سیاه‌چاله، گاز به سبب کشش گرانش آن تا دمای ۱۰۰ میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد گرم می‌شود.

وقتی گاز بسیار داغ شده به درون سیاه‌چاله سقوط می‌کند، از خود پرتو ایکس می‌فرستد.

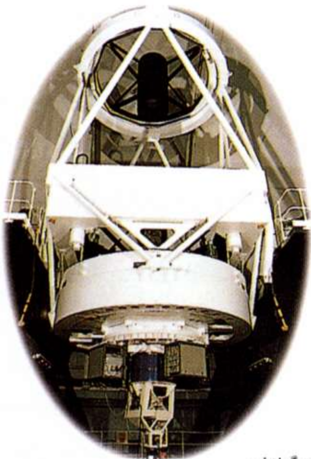
قرص در لبه‌ها تاریک و سرد است. گرانش سیاه‌چاله آن‌را گرم می‌کند تا این‌که نزدیک مرکز درخشان می‌شود.

گاز در اطراف چاله، گرداب چرخانی به نام قرص برافزایشی را شکل می‌دهد.

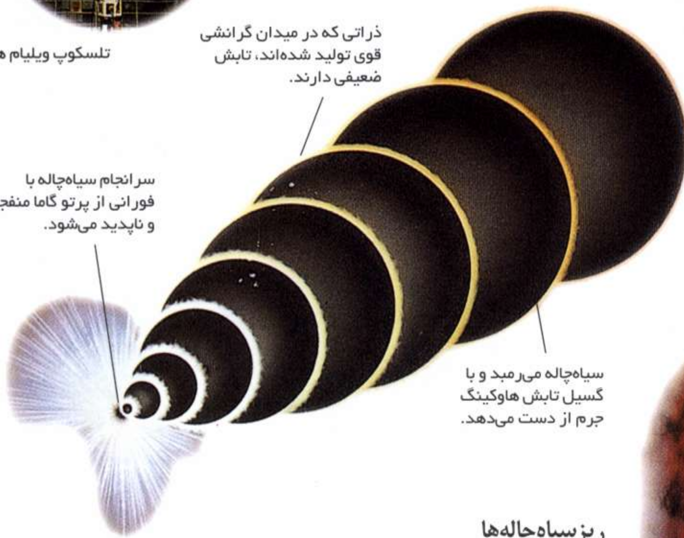
ماهواره‌ی گینگا

جست‌وجوی سیاه‌چاله‌ها

در ابتدا، ماهواره‌ها فوران‌های پرتو ایکس آسمانی را شکار می‌کنند. سپس تلسکوپ‌های زمینی همان ناحیه‌ی آسمان را به دنبال هر چیز غیرعادی می‌کاوند. مثلاً در سال ۱۹۹۱، ماهواره‌ی گینگا متعلق به ژاپن و تلسکوپ ویلیام هرشل در جزایر قناری، ستاره‌ای کم‌فروغ کشف کردند که هم‌دمی ناپیدا به جرم ۱۲ برابر خورشید دور آن در گردش بود. این جرم، به نام ۴۰۴۷ ـ دجاجه، تابشی در طول موج‌های دیگر نمی‌فرستد؛ پس باید سیاه‌چاله باشد.



تلسکوپ ویلیام هرشل



ریزسیاه‌چاله‌ها

برخی اخترشناسان بر این باورند که نیروی شدید حاصل از انفجار بزرگ، سیاه‌چاله‌های بسیار کوچکی را در کیهان شکل داده است. این سیاه‌چاله‌ها به اندازه‌ی اتم هستند؛ اما جرم آن‌ها به چند میلیارد تُن می‌رسد. محاسبات استفان هاوکینگ، فیزیک‌دان معروف انگلیسی، نشان داد که ممکن است گرانش شدید اطراف یک ریزسیاه‌چاله، به گسیل آهسته‌ی «تابش هاوکینگ» منجر شود که به مرور انرژی و جرم سیاه‌چاله را از بین می‌برد. این ریزسیاه‌چاله سرانجام در فورانی از پرتوهای گاما ناپدید خواهد شد. اگر این نظریه درست باشد، امکان دارد ریزسیاه‌چاله‌ها در زمان حال نیز منفجر شوند.

آیا سیاه‌چاله‌ها همه چیز را می‌بلعند؟

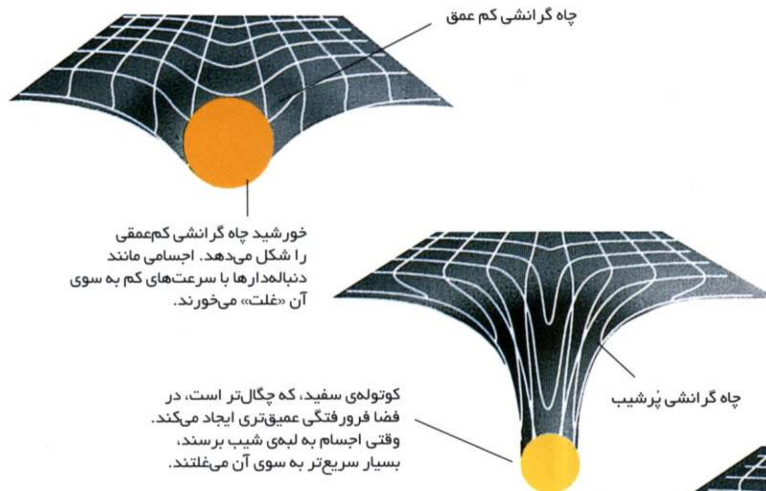
برخلاف تصور عمومی، که سیاه‌چاله‌ها مانند جاروبرقی کیهانی همه‌ی ماده‌ی اطراف را می‌بلعند، آن‌ها فقط در قلمرو نزدیک خود چنین عمل می‌کنند. به‌علاوه، مدت‌ها طول می‌کشد تا گاز و غبار از قرص برافزایشی دور سیاه‌چاله‌ها، به درون آن‌ها برسد. بخشی از ذرات نیز به صورت فوران‌های جت به بیرون پرتاب می‌شود. سیاه‌چاله‌ها از فواصل دور، گرانشی مانند جرم‌های عادی هم‌جرم خود دارند. اگر سیاه‌چاله‌ای فرضی به جرم خورشید به جای آن قرار می‌گرفت، تفاوت چندانی در مدار و حرکت زمین ایجاد نمی‌شد؛ اما برای جرمی نزدیک به آن، گرانش بسیار قوی‌تری ایجاد می‌شد. زیرا نیروی گرانش به جای آن‌که از کره‌ای بزرگ و پخش برسد، از نقطه‌ی متمرکزی به جرم‌های نزدیک وارد می‌شود.

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی پرتو ایکس ۳۴
اَبَرنواخترها ۲۰۴
درون سیاه‌چاله ۲۱۰
قلب راه شیری ۲۲۴
کهکشان‌های فعال ۲۳۶

درون سیاه‌چاله

سیاه‌چاله‌ها زندان نورند، جایی که گرانش چنان قوی است که هیچ چیزی نمی‌تواند از آن بگریزد. اما سیاه‌چاله‌ها آثار عجیب‌تری هم دارند: گرانش آن‌ها در فضا و زمان، تغییر شکل ایجاد می‌کند و در مرکز آن قوانین فیزیک به هم می‌خورد. هیچ‌کس نمی‌تواند به درون سیاه‌چاله نگاهی بیندازد؛ اما ریاضی‌دانان می‌توانند با استفاده از مفاهیم نسبیت اینشتین و بر اساس روابط و محاسبات پیچیده، وضعیت درون سیاه‌چاله را بررسی کنند. این پیش‌بینی‌های ریاضی حاکی از محیطی عجیب در لبه‌ی سیاه‌چاله و در اعماق آن است؛ جایی که ماده تا مرز تَکینِگی رمبیده است. تَکینِگی نقطه‌ای بی‌نهایت کوچک با چگالی بی‌نهایت است که تا ابد روی خود می‌رمبد. بر اساس برخی نظریه‌های ریاضی و فیزیک، ممکن است سیاه‌چاله‌ها دروازه‌هایی به دنیاهای دیگر باشند.

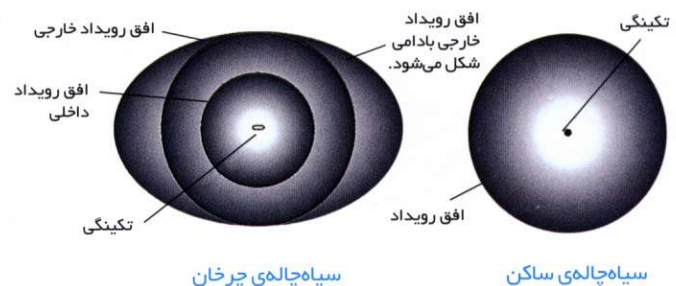


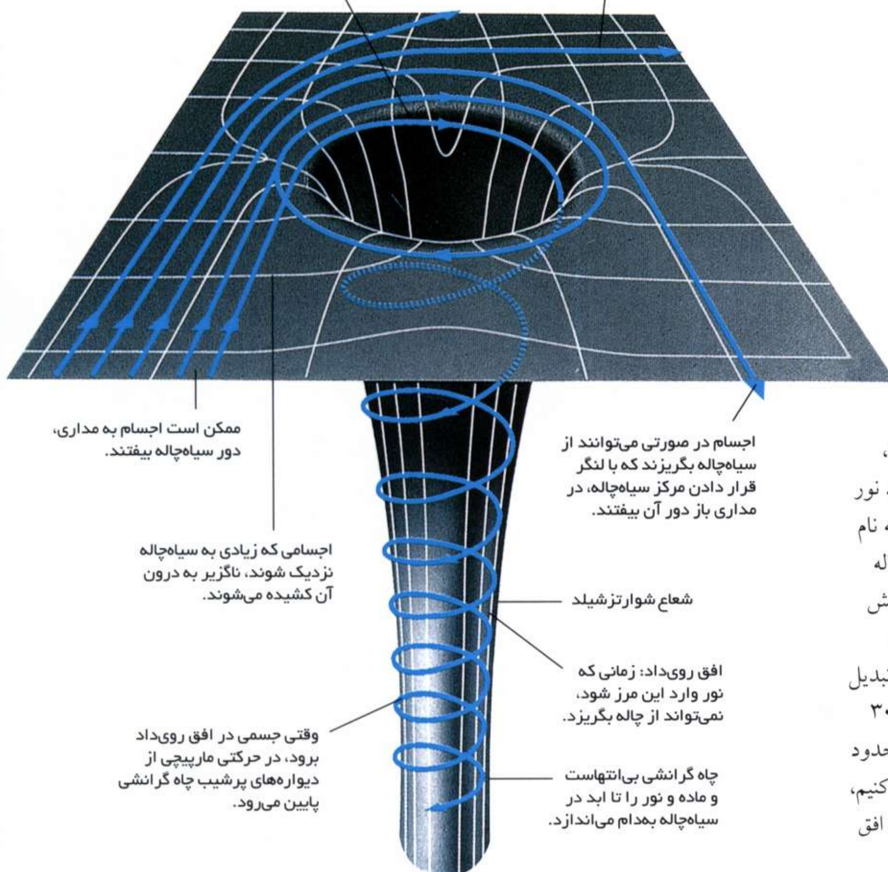
چاه بسیار پُرشیب

ستاره‌ی نوترونی، چگال‌تر از کوتوله‌ی سفید، چاه گرانشی با دیواره‌های بسیار پرشیب ایجاد می‌کند. اجسامی که به درون این شیب می‌غلتند، به نصف سرعت نور می‌رسند.

چاه گرانشی

بر اساس نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین، گرانش که به صورت نیرویی بینِ اجسام تصور می‌شود، انحنای خود فضاست. این بهترین روش برای مجسم کردن آثار گرانش در اطراف یک سیاه‌چاله است. فضا را می‌توان صفحه‌ی پلاستیکی نازکی در نظر گرفت. اگر جسم سنگینی مانند توپ بیلیارد را روی این صفحه بگذارید، فرورفتگی‌ای در آن ایجاد می‌کند. به همین ترتیب، خورشید نیز فضای اطراف خود را خمیده می‌کند و یک چاه گرانشی شکل می‌دهد. مدارهای سیاره‌ها با مسیرهای منحنی در شیب این فرورفتگی قرار دارند. ستاره‌های چگال‌تر، چاه‌های گرانشی عمیق‌تری با دیواره‌های پرشیب‌تر می‌سازند.





کالبدشناسی سیاه‌چاله

ساختار ابتدایی همه‌ی سیاه‌چاله‌ها یکسان است. اطراف نقطه‌ی تَکینِگی در مرکز را مرزی ناپیدا به نام افق روی‌داد احاطه کرده است. هرچه به سیاه‌چاله نزدیک‌تر شویم، سرعت لازم برای فرار از گرانش آن یا سرعت فرار، بیش‌تر می‌شود. سرانجام، در افق روی‌داد، سرعت به نور می‌رسد. جلوتر از آن، سرعت بیش از این می‌شود و دیگر هیچ چیز، حتی خود نور هم نمی‌تواند از این مرز خارج شود. اندازه‌ی افق روی‌داد را شعاع شوارتز شیلد می‌نامند که به نام فیزیک‌دانی نام‌گذاری شده که نخستین بار به اهمیت آن پی برد. هر جرمی برای این‌که سیاه‌چاله شود، باید تا اندازه‌ی شعاع شوارتز شیلد فشرده شود. این اندازه به میزان جرم و سرعت چرخش و شدت میدان مغناطیسی بستگی دارد. اگر محاسبات فقط بر پایه‌ی جرم جسم باشد، سیاره‌ی زمین وقتی به شعاع فقط ۹ میلی‌متر و خورشید به شعاع ۳ کیلومتر کوچک شود، به سیاه‌چاله تبدیل می‌شود. این شعاع برای سیاه‌چاله‌ای به جرم ۱۰ خورشید به همان نسبت بزرگ می‌شود و به ۳۰ کیلومتر می‌رسد. برای اَبَرسیاه‌چاله‌ی مرکز راه شیری، به جرم ۲/۵میلیون خورشید، این شعاع حدود ۷/۵میلیون کیلومتر است؛ یعنی فقط $\frac{۱}{۲۰}$ شعاع مدار زمین. وقتی سیاه‌چاله‌ها را چرخان تصور کنیم، همه چیز پیچیده‌تر می‌شود و مطابق روابط ریاضی، افق روی‌داد شکلی غیرکروی می‌یابد. یک افق روی‌داد درونی اضافی ایجاد و شکل تَکینِگی مرکزی حلقه‌مانند می‌شود.

۱ زمانی که فضانورد سقوط به درون سیاه‌چاله را آغاز کند، حالت طبیعی دارد. اگر از بیرون به او نگاه کنیم، اعوجاجی ندارد و ساعتش زمان را درست نشان می‌دهد.

۲ نزدیک‌تر به سیاه‌چاله، بدن فضانورد کش می‌آید. وقتی نور ارسال شده از فضانورد در مسیر به سوی بالا در برابر گرانش قوی مقاومت می‌کند، دچار افت انرژی و قرمزگرایی می‌شود. در این حالت، ساعت فضانورد هم برای ناظر بیرونی کند می‌شود.

۳ تا مدت‌ها پس از سقوط فضانورد به درون افق رویداد، سرابی منجمد، قرمز شده و کش آمده از او با ساعتی متوقف شده، دیده می‌شود.

ماکارونی شدن

اجسامی که درون سیاه‌چاله سقوط می‌کنند، مانند رشته‌های ماکارونی کشیده می‌شوند. فضانوردی فرضی که با پا به درون سیاه‌چاله سقوط می‌کند، در مقایسه با سر، کشش گرانشی قوی‌تری بر پاهای خود حس می‌کند. به این سبب، بدن او کش می‌آید. نزدیک به چاله، ماده به ذرات سازنده‌ی خود تجزیه می‌شود. این فرآیند در سیاه‌چاله‌های کوچک‌تر، وخیم‌تر است؛ زیرا آن‌ها چاه‌های گرانشی بسیار پرشیب‌تری می‌سازند. از آن‌جا که گرانش، نور و زمان را در اطراف چاله تغییر شکل می‌دهد، همراهان فضانورد، که سقوط او را از بیرون نگاه می‌کنند، آثار عجیب بسیاری می‌بینند.

دهان کرم‌چاله، افق رویداد ندارد. به همین سبب، رفت و آمد دو طرفه در آن امکان‌پذیر است.

تونل کرم‌چاله را می‌توان از مواد فرضی ضدّ گرانش ساخت. تصور دانشمندان این است که تونل سیاه‌چاله در نقطه‌ی تکینگی بسته می‌شود.

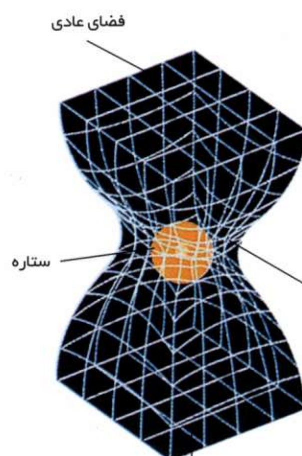
نور بیرون‌زده از دهانه‌ی دیگر کرم‌چاله، در فضای خمیده انحنا می‌یابد.

کرم‌چاله‌ها

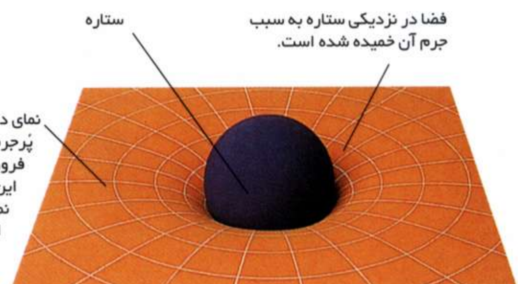
زمانی دانشمندان بر این باور بودند که ممکن است سیاه‌چاله‌های چرخان، راه میان‌بری به بخش دیگری از کیهان یا حتی کیهانی دیگر باشند. گذشته از این‌که چگونه باید از این سفر به سیاه‌چاله جان سالم به‌در برد، محاسبات بعدی نشان داد تونلی که سیاه‌چاله ایجاد می‌کند، ناپایدار است. امکان دارد چاه‌های گرانشی بدون وجود سیاه‌چاله نیز شکل بگیرند. برخورد امواج گرانشی یا پدیده‌های نظری دیگر، که فقط در روابط و محاسبات آشکار شده است، در فضا وضعیتی ایجاد می‌کند که تونل‌هایی در ساختار فضا ـ زمان به نام کرم‌چاله شکل بگیرند. آن‌ها می‌توانند ما را در فضا و زمان جابه‌جا کنند؛ اما این تونل‌ها نیز ناپایدارند و شاید آیندگان وقتی کرم‌چاله‌ای بیابند یا بسازند، درون چاه گرانشی را با ماده یا انرژی‌ای ضدّ گرانش پایدار کنند. اما این افکار اکنون بلندپروازی‌هایی در حیطه‌ی نظری و ریاضی است.

انحنای فضا ـ زمان

نمودارهای این دو صفحه ساده‌سازی شده‌اند: در آن‌ها فضا دوبعدی و مانند یک برگ کاغذ نشان داده شده است؛ در حالی‌که در واقعیت فضا حداقل سه بعدی است. طبق نظریه‌ی نسبیت اینشتین، جسمی پُرجرم مانند یک ستاره، فضا را خمیده می‌کند. نشان دادن این اثر در دو بعد ساده‌تر است؛ به‌خصوص زمانی که انحنای بی‌نهایتی را نشان می‌دهیم که سیاه‌چاله در فضا ایجاد می‌کند. زمان، بعد اضافه‌ی چهارم است. این بعد هم مانند بقیه، تحت تأثیر میدان‌های گرانشی قوی قرار می‌گیرد. اما نمی‌توان آن را مانند بقیه تصویر کرد.



نمای سه بعدی نشان می‌دهد که گرانش ستاره به شیوه‌ای پیچیده‌تر فضا را خمیده می‌کند. اجسامی که در حالت عادی مسیر مستقیمی طی می‌کنند، ناچار می‌شوند در امتداد خطوط انحنایافته حرکت کنند.



نمای دو بعدی از جسمی پُرجرم که در فضا ـ زمان فرورفتگی ایجاد کرده است. این فرورفتگی به کمک خطوطی نمایش داده شده است که اگر ستاره‌ای در آن‌جا نبود، صاف قرار می‌گرفت.

شناخت سیاه‌چاله‌ها

• کشیش انگلیسی، جان میچل (۱۷۹۳ - ۱۷۲۴)، در سال ۱۷۸۴ پیش‌بینی کرد که ممکن است برخی ستاره‌ها آن‌قدر بزرگ و پُرجرم باشند که نور را به‌دام بیندازند.

• در سال ۱۹۱۵، اینشتین آثار گرانش بی‌نهایت را شرح داد. بعدها کارل شوارتز شیلد (۱۹۱۶ - ۱۸۷۳) دریافت که سیاه‌چاله نتیجه‌ی طبیعی نظریه‌ی نسبیت اینشتین است.

• در سال ۱۹۳۹، جی. رابرت اوپنهایمر (۱۹۶۷ - ۱۹۰۴) فیزیک‌دان آمریکایی، در محاسبات خود به این نتیجه رسید که سیاه‌چاله، مرحله‌ی نهایی رمبش ستاره‌ی بسیار پُرجرم است.


ماهواره‌ی پرتو ایکس اوهورو متعلق به ناسا

• در سال ۱۹۶۷، اخترفیزیک‌دان آمریکایی جان ویلر (۲۰۰۸-۱۹۱۱)، واژه‌ی سیاه‌چاله را ابداع کرد.

• دجاجه X-۱، نخستین سیاه‌چاله‌ی شناسایی شده را ماهواره‌ی پرتو ایکس اوهورو در سال ۱۹۷۱ کشف کرد.

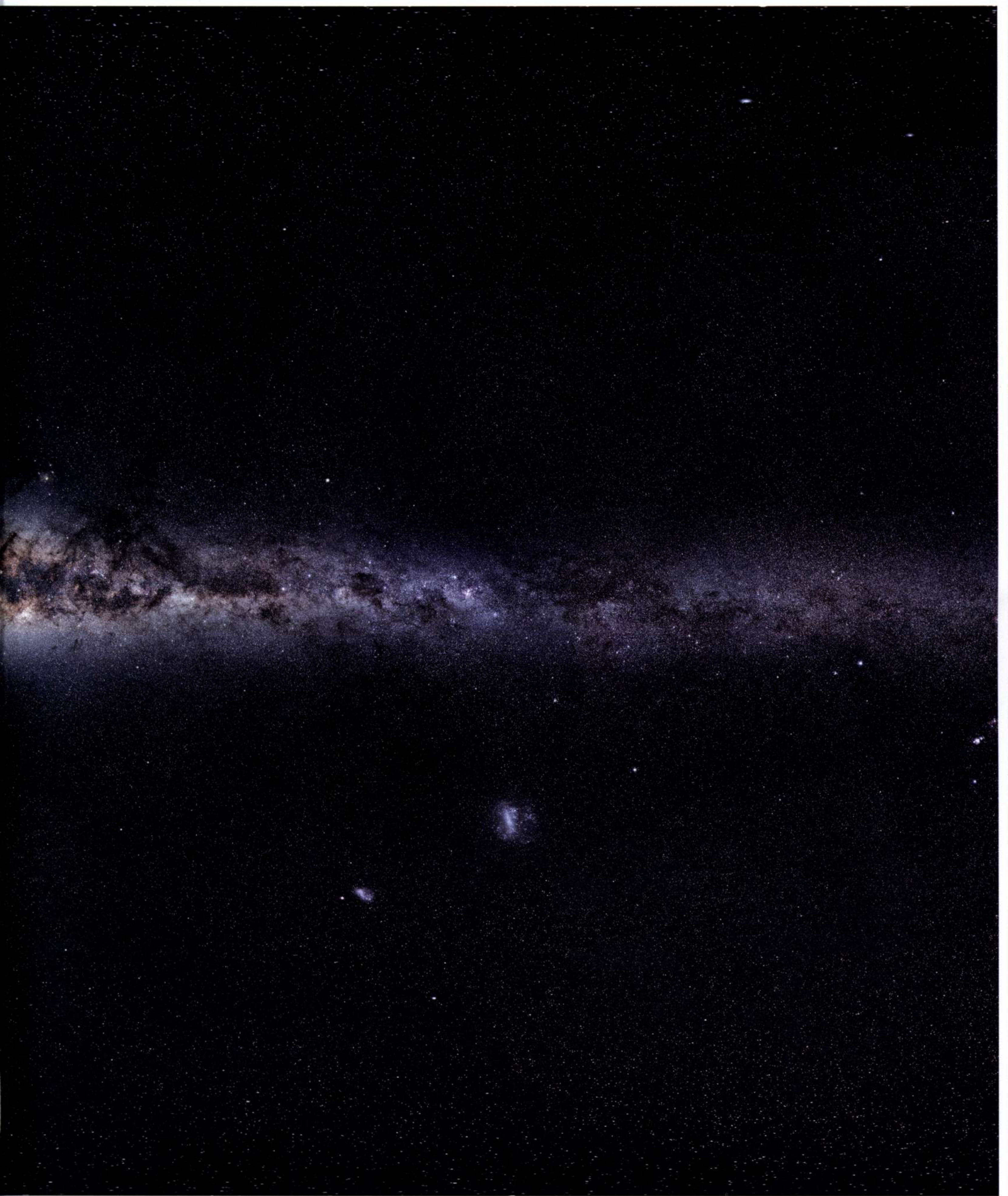
• در سال ۱۹۷۴، استفان هاوکینگ پیش‌بینی کرد که امکان دارد سیاه‌چاله‌ها منفجر شوند و شاید ریزسیاه‌چاله‌های احتمالی، که در انفجار بزرگ شکل گرفته‌اند، تاکنون منفجر شده باشند.

• در سال ۱۹۹۷، اخترشناسان نشانه‌های سیاه‌چاله‌ای اَبَرپُرجرم را در مرکز کهکشان ما تأیید کردند که تازه‌ترین یافته‌ها جرم آن‌را ۴میلیون برابر خورشید تخمین می‌زنند.

• از سال ۲۰۰۰ نشانه‌های متعددی از گونه‌ی جدیدی سیاه‌چاله به نام میان‌وزن پیدا شد که با جرم بیش از صد و کمتر از ۱۰ هزار خورشید در بین دو نوع اصلی سیاه‌چاله‌های ستاره‌ای و کهکشانی قرار می‌گیرد. مرکز خوشه‌های کروی بزرگ یکی از مکان‌های احتمالی شکل‌گیری سیاه‌چاله‌های میان‌وزن است.

بیش‌تر بدانیم

ستاره‌های نوترونی ۲۰۶
سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸
کهکشان‌های فعال ۲۳۶
ماده‌ی تاریک ۲۵۰
شکل فضا ۲۵۲



کهکشان‌ها و ورای آن‌ها

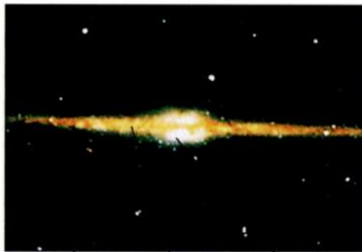
کیهان‌شناسی، مطالعه‌ی کیهان در بزرگ‌ترین مقیاس، پرتکاپوترین حیطه‌ی اخترشناسی است. به‌علاوه، جدیدترین بخش نجوم نیز به‌شمار می‌آید که از یک قرن پیش متولد شده است. پیش از آن، از گستردگی کیهان اطراف خود بی‌خبر بودیم. ابتدا کشف کردیم که خورشید یکی از ۲۰۰میلیارد ستاره‌ی کهکشان ماست و کهکشان ما فقط یکی از صد میلیارد کهکشان عالم است. سپس متوجه شدیم همه‌ی کهکشان‌ها از هم دور می‌شوند که نشان می‌داد کیهان ما زمانی بسیار پرتراکم‌تر بوده است. اکنون اخترشناسان می‌دانند کیهان ما ۷/۱۳میلیارد سال پیش، در مهبانگ یا انفجار بزرگ به‌وجود آمده است. اما آینده‌ی آن هنوز نامشخص است. امروز می‌دانیم که کیهان از زمان مهبانگ، در حال انبساط است و گروه‌ها و خوشه‌های کهکشانی در حال دور شدن از هم هستند و از انبساط فضای کیهانی سواری می‌گیرند. هنوز مشخص نیست که این انبساط تا ابد ادامه می‌یابد یا گرانش ماده‌ی موجود در عالم بر آن غلبه می‌کند. اما چه‌قدر ماده در عالم وجود دارد؟ در کنار این پرسش‌ها، بزرگ‌ترین پرسش بی‌پاسخ این است که آیا حیات در جای دیگری از کیهان هم وجود دارد؟ آیا کسی آن‌جاست؟

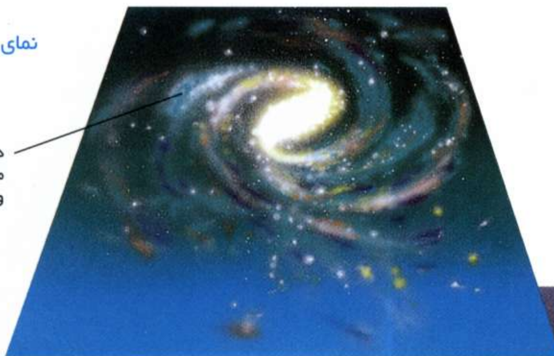
راه شیری

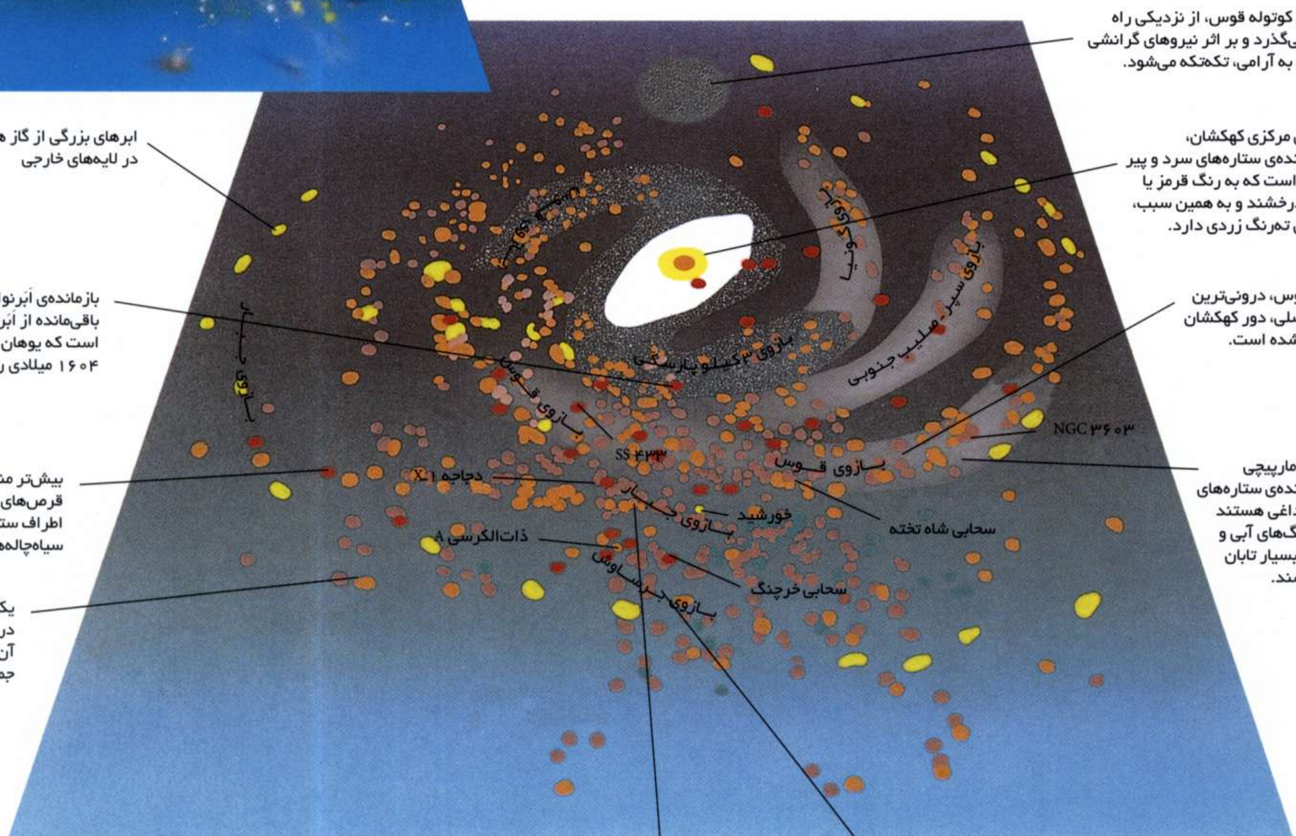
خانه‌ی ما در کیهان، کهکشان راه شیری است. اگر بتوانید از بالا به کهکشان راه شیری نگاه کنید، آن‌چه می‌بینید مانند شهری با چراغ‌های روشن در شب است. خورشید فقط یکی از ۲۰۰میلیارد ستاره‌ی ساکن کهکشان راه شیری است. در میان این ستارگان، ابرهای عظیم گاز و غبار وجود دارد که ستاره‌های آینده از آن‌ها متولّد خواهند شد. در برخی قسمت‌ها، این ابرها به سحابی‌های درخشانی تبدیل شده‌اند که به تازگی ستاره‌های جدیدی در آن‌ها متولّد شده‌اند. راه شیری، کهکشان مارپیچی شکل و چرخانی است که ۱۰۰هزار سال نوری پهنا دارد؛ اما ضخامت آن فقط ۲هزار سال نوری است. این کهکشان میلیاردها سال پیش متولّد شد. ابتدا ابر وسیع و کروی شکلی از گاز بود که بر اثر گرانش به خود فروریخت و سپس بر اثر چرخش دور خود، به شکل قرص‌مانند کنونی درآمد.

ساختار راه شیری کهکشان

اگر از کنار به آن نگاه شود، مانند صفحه‌ی تختی است که برآمدگی‌ای در مرکز آن قرار دارد. در اطراف صفحه، منطقه‌ی کروی شکل بزرگی به نام هاله قرار دارد که از کهکشان اولیه بازمانده که مانند توپی از گاز بوده است. هاله دربردارنده‌ی خوشه‌های ستاره‌ای کروی و ماده‌ی تاریک مرموز است.







ساختار راه شیری

با آن‌که نمی‌توانیم کهکشان خود را از بیرون ببینیم، نقشه‌برداری از جرم‌های درون کهکشان، شکل واقعی کهکشان ما را آشکار کرده است. دو بازوی مارپیچی اصلی و قطعه‌هایی از بازوهای دیگر، دور برآمدگی کشیده‌ی مرکزی می‌گردند. ستاره‌های درخشان جوان، سحابی‌های روشن گاز و غبار و ابرهای ملکولی تیره و ضخیم، ساختار بازوها را تشکیل می‌دهند. برخلاف بازوها، برآمدگی مرکزی محل تجمع ستاره‌های پیر کهکشان است و مقدار بسیار کمی گاز دارد.

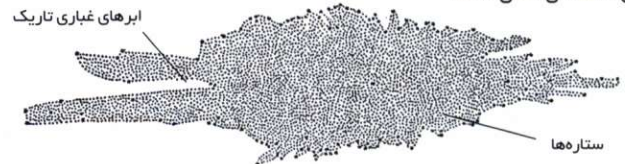
نظراتی درباره‌ی راه شیری

• در حدود ۵۰۰ سال پیش از میلاد، یونانی‌های باستان تصور می‌کردند نوار راه کهکشان، ردّی از شیر است که الهه‌ی هرا بر آسمان جاری کرده است. آن‌ها آن را «دایره‌ی شیری» می‌نامیدند.

• ایرانیان باستان تصورات گوناگونی از این نوار شبح‌گون داشتند. در باورهای زرتشتی، آن را کمربندی گرد زمین می‌دانستند که در مرز فلک ستارگان است و زمین را از بدی‌ها و شیطان‌ها دور نگه‌می‌دارد. بر اساس افسانه‌ای دیگر، این راهی بود که کاروانی از بار کاه در آسمان پیموده و کاه‌های ریخته شده، نوار راه کاهکشان را پدید آورده بودند. پس از اسلام، زایران بسیاری که به سوی خانه‌ی خدا می‌رفتند، آن را راه مکه می‌دانستند که پرنورترین بخش آن در افق جنوب دیده می‌شد.

• گالیله، زمانی که در سال ۱۶۰۹ با تلسکوپ خود به راه شیری نگاه کرد، متوجه شد که این راه چیزی جز توده‌های بی‌شمار ستاره نیست که کنار هم جمع شده‌اند.

• در سال ۱۷۸۵، ویلیام هرشل با نقشه‌برداری از پراکندگی ستاره‌ها متوجه شد که کهکشان ما عدسی شکل است.



• بین سال‌های ۱۹۱۵ و ۱۹۲۰، هارلو شپلی اندازه و شکل حقیقی کهکشان راه شیری را با اندازه‌گیری فواصل خوشه‌های کروی، که پوسته‌ی بیرونی کهکشان ما را تشکیل می‌دهند، به‌دست آورد.

رصد کهکشان راه شیری

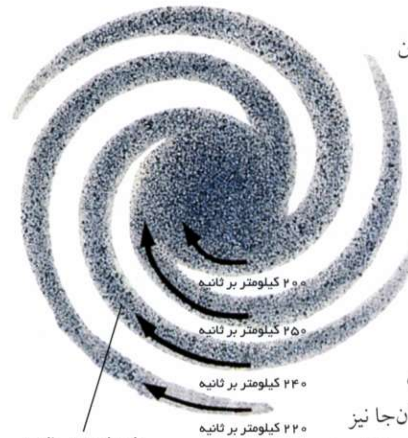
به‌خصوص در فصل تابستان که بخش پرنور و پرستاره‌ی آن در آسمان شب زمین دیده می‌شود، بسیار دیدنی است. مانند این تصویر که راه شیری را در آسمان کویر توران در جنوب شاهرود نشان می‌دهد. ستاره‌های کهکشان، به سبب ضخامت کم آن و این‌که ما در درون آن زندگی می‌کنیم، مانند نوار روشنی در آسمان شب دیده می‌شوند. نواحی تاریک میان نوار روشن ستاره‌ها، سحابی‌های غبار وسیعی هستند که نور ستارگان را می‌گیرند.



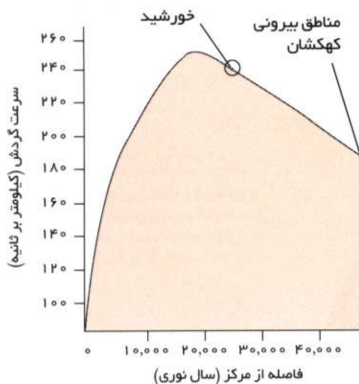
چرخش کهکشان

کهکشان جسم صلب و یک‌دستی نیست؛ به همین سبب همه‌ی بخش‌های آن با سرعتی یکسان دور مرکز کهکشان نمی‌گردد. زیرا سرعت گردش به نیروی گرانش بستگی دارد. در لبه‌های بیرونی و دورتر از مرکز، بر ستاره‌ها و سایر جرم‌ها، نیروی کمتری وارد می‌شود و با سرعت کمتری دور مرکز می‌گردند. (اما در دورترین مرزهای کهکشان به دلیل وجود ماده‌ی تاریک، سرعت گردش به‌نحو چشم‌گیری زیاد می‌شود). در برآمدگی مرکزی، از همه جهت بر ستاره‌ها نیرو وارد می‌شود. به همین سبب در آن‌جا نیز میانگین سرعت کم است. جرم‌هایی که در مناطق چگالِ میانی هستند، نیروی گرانش میلیاردها ستاره را بر خود احساس می‌کنند و با سرعت بیش از ۲۵۰ کیلومتر بر ثانیه دور مرکز کهکشان می‌گردند.

سرعت‌های گردش نسبی در راه شیری



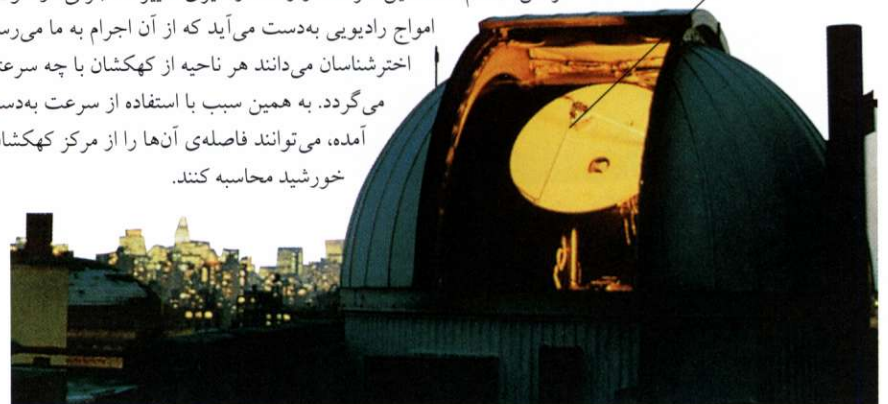
خورشید در بازوی شلوغ جبار، ستاره‌ای سریع است.



در این نمودار مشاهده می‌شود ستاره‌هایی که در حدود فاصله ۲۰هزار سال نوری هستند، بیش‌ترین سرعت گردش را دارند. با آن‌که در لبه‌های بیرونی تعداد ستاره‌ها کمتر است و نیروی گرانش حاصل از آن‌ها کمتر، سرعت گردش چندان کاهش نمی‌یابد؛ زیرا گرانش ماده تاریک، که در هاله قرار دارد، بر آن‌ها اثر می‌گذارد.

نقشه‌برداری از کهکشان

اخترشناسان برای نقشه‌برداری از کهکشان، از تلسکوپ‌های رادیویی استفاده می‌کنند. زیرا امواج رادیویی، برخلاف امواج مرئی، از درون ابرهای غبار که نور ستارگان را می‌گیرد، عبور می‌کنند. کلید اصلی در نقشه‌برداری، اندازه‌گیری سرعت گردش اجسام است. این سرعت از راه اندازه‌گیری تغییرات جزئی در طول موج امواج رادیویی به‌دست می‌آید که از آن اجرام به ما می‌رسد. اخترشناسان می‌دانند هر ناحیه از کهکشان با چه سرعتی می‌گردد. به همین سبب با استفاده از سرعت به‌دست آمده، می‌توانند فاصله‌ی آن‌ها را از مرکز کهکشان و از خورشید محاسبه کنند.



این تلسکوپ رادیویی کوچک، با بشقابی به قطر ۱/۲ متر، ابرهای گازی کهکشان را از فراز ساختمانی در نیویورک رصد می‌کند.

شناسنامه‌ی راه شیری

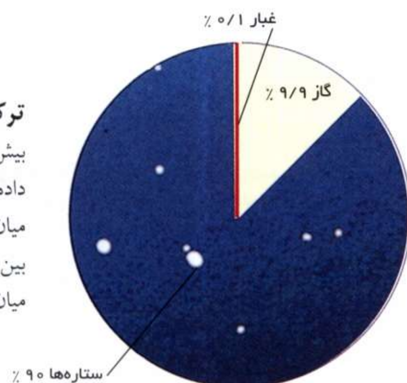
نام	جرم
نوع کهکشان	مارپیچی (نوع میله‌ای SBC)
درخشندگی	۱۴ میلیارد درخشندگی خورشید
جرم کل (با ماده‌ی تاریک)	۱۰۰۰ میلیارد جرم خورشید
جرم ستاره‌ها	۲۰۰ میلیارد جرم خورشید
جرم گاز	۲۰ میلیارد جرم خورشید
جرم غبار	۲۰۰ میلیون جرم خورشید
قطر	۱۰۰/۰۰۰ سال نوری
ضخامت قرص	۲۰۰۰ سال نوری
ضخامت برآمدگی مرکزی	۶۰۰۰ سال نوری
فاصله‌ی خورشید از مرکز	۲۵/۰۰۰ سال نوری
زمان گردش خورشید به دور مرکز	۲۲۰ میلیون سال
سرعت خورشید در مدار	۲۴۰ کیلومتر بر ثانیه
سن پیرترین خوشه‌های ستاره‌ای	۱۲ میلیارد سال
تعداد خوشه‌های کروی	۱۵۰ عدد شناخته شده (احتمالاً مجموع ۲۰۰ عدد)

بیش‌تر بدانیم

اختر شناسی رادیویی ۳۰، فضای میان ستاره‌ای ۲۱۶
همسایگان محلی ما ۲۱۸، بازوی برساوش ۲۲۰، بازوی قوس ۲۲۲
قلب راه شیری ۲۲۴، کهکشان‌ها ۲۳۰، ماده‌ی تاریک ۲۵۰

فضای میان‌ستاره‌ای

ستاره‌ها، شکل و ساختار کهکشان را نشان می‌دهند؛ اما آن‌چه در میان آن‌ها قرار دارد نیز مهم است. فضا کاملاً خالی نیست؛ گاز بسیار رقیقی از هیدروژن و ذرات غبار آن را فرا گرفته است. به‌طور میانگین، در حجم کوچکی به اندازه‌ی یک قوطی کبریت از فضا، حدود ۶ اتم هیدروژن و یک ذره‌ی غبار وجود دارد. در راه شیری، این توده‌های گاز و غبار رقیق، ۱۰درصد جرم عادی، به‌جز ماده‌ی تاریک کهکشان را تشکیل می‌دهند. این مقدار گاز برای به‌وجود آوردن ۲۰ میلیارد ستاره کافی است. ستاره‌ها از این توده‌های گاز و غبار، که ماده‌ی میان‌ستاره‌ای نام دارد، شکل می‌گیرند. زمانی که ستاره‌ها از بین بروند، آن‌چه باقی می‌ماند، این ماده را به‌وجود می‌آورد. ماده‌ای که از مرگ ستاره بر جا می‌ماند، با آن‌چه ستاره از آن شکل می‌گیرد، تفاوت دارد، بنابراین، ماده‌ی میان‌ستاره‌ای پیوسته در حال تغییر و تکامل است.



ترکیبات کهکشان

بیش‌تر ماده‌ی مرئی کهکشان را ستاره‌ها تشکیل داده‌اند. فقط ۱۰درصد از این ماده، گاز و غبار میان‌ستاره‌ای است که تقریباً به طور مساوی بین ابرهای ملکولی سرد و محیط گرم ماده‌ی میان‌ستاره‌ای تقسیم شده است.

سحابی سر اسب در جبار

ابر گرم، بیش‌تر از گاز هیدروژن تشکیل شده است، که در مناطق چگال به رنگ صورتی می‌درخشد.

میدان‌های مغناطیسی در فضا ذرات غبار را هم‌سو می‌کنند و موجب می‌شوند در پشت سحابی سر اسب منطقه‌ای به شکل خطوط موازی از گاز دیده شود.

ابرهای غبار در اطراف ستاره‌های جوان به رنگ آبی دیده می‌شوند؛ زیرا ذرات غبار نور ستاره‌ها را پراکنده می‌کنند. پدیده‌ی مشابهی برای نور خورشید، که در جوّ زمین پخش می‌شود، رخ می‌دهد. به همین سبب رنگ آسمان روز، آبی است.

سحابی سر اسب، بخشی از ابر ملکولی چگالی است که از «پوزه» تا «یال» ۴ سال نوری است.

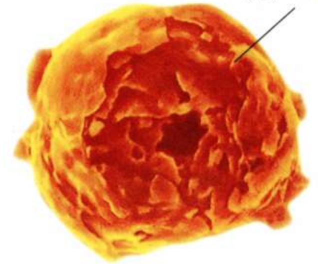
ابرهای ملکولی، توده‌های غبار ضخیم‌اند که نور ستاره‌های تازه متولد شده درون سحابی را جذب می‌کنند.

در میان ستاره‌ها

ماده‌ی میان‌ستاره‌ای یک‌دست نیست. بیش‌تر گاز میان‌ستاره‌ای، به شکل گازهای «گرم» به معنی ۸ هزار درجه‌ی سانتی‌گراد (داغ‌تر از خورشید) است. در میان آن‌ها حباب‌های نازک گاز وجود دارد. دمای این حباب‌ها به بیش از ۱ میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد می‌رسد. این دما از انرژی آزاد شده از اَبَرنواخترها و گروه‌های ستارگان داغ و جوان به‌وجود می‌آید. برخی از آن‌ها نیز ابرهای سردی از اتم‌های هیدروژن‌اند. این ابرهای منحنی‌شکل و رشته‌مانند، نواحی بیرونی پوسته‌ی حباب‌های گازی قدیمی هستند. گروه آخر، ابرهایی از گاز و غبار چگال و بسیار تیره‌اند که ستاره‌ها از آن‌ها متولد می‌شوند و ابرهای ملکولی نام دارند.

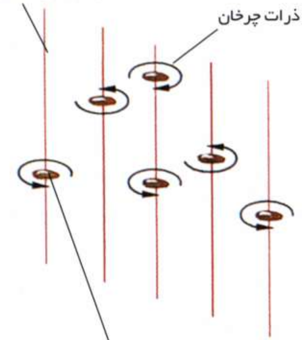
غبار کیهانی

ذرات غبار کیهانی، مانند ذرات دوده‌ای هستند که از جوّ ستاره‌های پیر و سرد به فضا پراکنده شده‌اند. این ذراتِ پوشیده از یخ، کمتر از یک‌هزارم میلی‌متر هستند و از گرافیت (ماده‌ای که نوک مداد از آن ساخته می‌شود) یا مواد معدنی به نام سیلیکات‌ها، تشکیل شده‌اند. آن‌ها از پوسته‌های هم‌مرکزی که مانند پیاز روی هم قرار گرفته‌اند، شکل گرفته‌اند.



غبار و اثر مغناطیسی

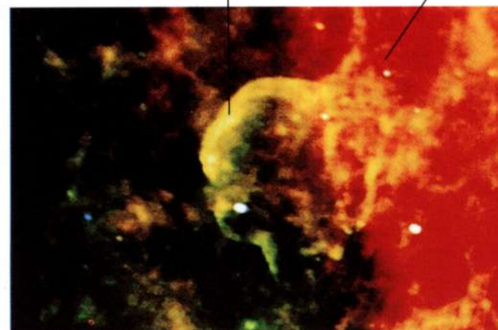
ذرات غبار کیهانی دور خود می‌چرخند. میدان مغناطیسی ضعیفی که در فضای میان‌ستاره‌ای وجود دارد، موجب می‌شود این ذرات به گونه‌ای در فضا قرار بگیرند که جهت چرخش آن‌ها با خطوط میدان مغناطیسی منطبق شود. احتمالاً دلیل ساختار خط‌دار در پشت سحابی سر اسب، همین پدیده است.





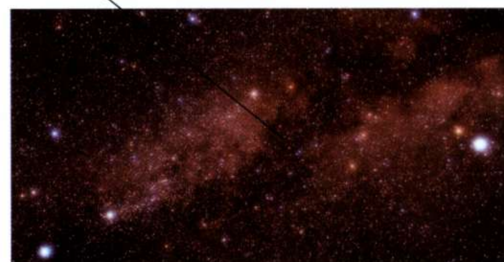
آثار غبار

غبار کیهانی نور را جذب می‌کند و تأثیر بسیار زیادی بر آن‌چه از ستاره‌ها می‌بینیم، می‌گذارد. برای مثال، دو سحابی NGC۳۶۰۳ و NGC۳۵۷۶، از روی زمین بسیار شبیه به هم دیده می‌شوند؛ اما در حقیقت NGC۳۶۰۳ بسیار درخشان‌تر است؛ وجود غبار بین این سحابی و ما، موجب شده است سحابی کم‌نورتر و سرخ‌تر از حالت عادی دیده شود.



حباب‌های گاز داغ

داغ‌ترین، اما چگال‌ترین بخش فضای میان‌ستاره‌ای، حباب‌های گاز مانند «حلقه‌ی دجاجه» است. این سحابی از انفجاری اَبَرنواختری در بیش از ۲۰هزار سال پیش شکل گرفته و همچنان بر اثر موج‌ضربه‌های حاصل از انفجار، داغ است.



ابرهای ملکولی

در ناحیه‌ی صورت فلکی دجاجه در نوار کهکشان راه شیری، یکی از این ابرهای ملکولی با چشم غیر مسلح دیده می‌شود. در این قسمت، ابر ملکولی بزرگی نور ستاره‌های پشت خود را جذب می‌کند و از دید ما منطقه‌ای خالی از ستاره به نمایش می‌گذارد که شکاف دجاجه یا شکاف بزرگ نام دارد؛ همان‌طور که در این تصویر از راه شیری منطقه‌ی مثلث تابستانی زیر آسمان کویر یزد دیده می‌شود.

پرتوهای نامرئی کیهانی، که بیش‌تر پروتون‌های آزاد شده از ابر نواخترها هستند، در خلاء میان ستاره‌ای حرکت می‌کنند.

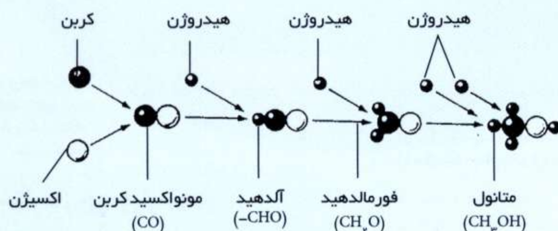
نطاق، یکی از ستاره‌های کمربند جبار است.

ساختار شیمیایی کیهان

در ابرهای ملکولی چگال، که دما پایین است، اتم‌ها به یک‌دیگر می‌پیوندند و ملکول‌ها شکل می‌گیرند. حدود صد نوع ملکول در فضا شناسایی شده است که نام ۱۰ نوع شناخته‌شده‌تر آن‌ها را آورده‌ایم:

نام مولکول	نام علمی
آب	H_2O
فورمالدهید	CH_2O
سیانید هیدروژن	HCN
اسید فورمیک	CH_2O_2
سولفید هیدروژن	H_2S
سیانو استیلن	HC_3N
آمونیاک	NH_3
گلیسین	$C_2H_5NO_2$
متانول	CH_3OH
آکریلونیتریل	C_3H_3N

واکنش‌های شیمیایی درون ابرهای ملکولی، از ملکول‌های ساده، ملکول‌های پیچیده‌تر و بزرگ‌تری می‌سازد؛ مانند مجموعه واکنش‌هایی که به شکل‌گیری ملکول آلی متانول منجر می‌شود.



بیش‌تر بدانیم

چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها ۱۹۰، جایی که ستاره‌ها متولّد می‌شوند ۱۹۲
راه شیری ۲۱۴، همسایگان محلی ما ۲۱۸، بازوی قوس ۲۲۲، ماده‌ی تاریک ۲۵۰

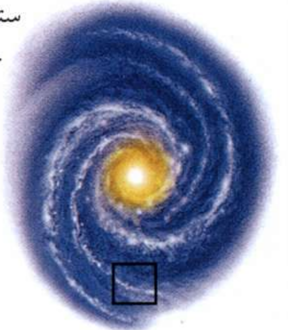
همسایگان محلی ما



سحابی هلیکس (مارپیچ)

در فاصله ۴۵۰ سال نوری، نزدیک‌ترین سحابی سیاره‌نما به خورشید است. با آن‌که این سحابی درخشندگی سطحی بسیار کمی دارد، سطحی برابر نیمی از ماهِ کامل را در آسمان می‌پوشاند. شکل حلقه‌ای آن، به دلیل وجود غول سرخی بوده که لایه‌های بیرونی خود را در دو مرحله به فضا پرتاب کرده است.

بخشی از راه شیری، که در اطراف خورشید است، محل زندگی بسیاری از جرم‌های زیبایی است که هر شب در آسمان می‌بینیم. اما این به این دلیل نیست که این جرم‌ها به ما نزدیک‌تر هستند؛ برخی جرم‌ها، مانند سحابی جبّار که محل تولّد ستارگان است، در هر کجای کهکشان که باشند، زیبا و مسحورکننده هستند. همسایگی محلی ما، حدود ۵هزار سال نوری اطراف خورشید را دربرمی‌گیرند. همه‌ی ستاره‌هایی که صورت‌های فلکی بارز آسمان را شکل داده‌اند، در این ناحیه قرار دارند. مانند ستارگان ثور، صلیب جنوبی و جبّار. بیش‌تر این ناحیه در بازوی جبّار یا بازوی محلی است که زمانی تصور می‌شد پلی میان بازوی برساوش و بازوی قوس است. اما اکنون می‌دانیم جبّار، خود بازوی مارپیچی جداگانه‌ای است.



جایگاه نقشه زیر در راه شیری

سحابی حشره، ابر گازی است که با سرعت ۴۰۰ کیلومتر بر ثانیه گسترش می‌یابد.

کیسه‌ی زغال، در نزدیکی صلیب جنوبی، مانند سوراخی در آسمان است. این ناحیه‌ی تاریک، ابر ملکولی به پهنای ۶۰ سال نوری است.

حلقه I (اول)، حباب عظیمی حاصل از بادهای ستاره‌ای شدیدی است که از ستاره‌ای جوان پرتاب می‌شود.

سحابی رو ـ مارافسای

عقرب ۱ـX

حلقه II (دوم) و III سوم، بازمانده‌ی ستاره‌های پُرجرم و جوانی هستند که با انفجار اَبَرنواختر نابود شده‌اند.

سحابی دمبل

قلب‌العقرب

حصار

سحابی گام

تپ‌اختر بادبان، در سحابی بادبان، هسته‌ی چرخان و رُمبیده‌ی ستاره‌ای است که ۱۲ هزار سال پیش منفجر شده است.

شکاف بزرگ در دجاجه، ابر ملکولی بزرگی است که به رنگ تیره در زمینه‌ی روشن راه شیری خودنمایی می‌کند.

ردف

سحابی هلیکس

حلقه III

حلقه I

نیر نعیم

قلائص

یدالجوزا

سهیل

بازمانده ابر نواختری بادبان

خوشه پروین، ۱۰۰ ستاره آبی ـ سفید با سن حدود ۷۸ میلیون سال دارد.

حلقه II

خورشید

خوشه کندو

سحابی پارچه

ستاره قطبی

مربع سرخ

منطقه‌ی جبّار، شامل سحابی جبّار و حلقه‌ی بارنارد است.

چلپاسه OBI

رجل‌الجبار

OBI ـ زرافه جمع ستاره‌ای از ستارگان نسبتا جوان، مانند جمع ستاره‌ای OBI ـ سوسمار است.

سحابی جبار

حلقه‌ی بارنارد، بازمانده‌ی اَبَرنواختری با پهنای ۳۰۰ سال نوری است.

ابر تاریک ثور

سحابی سر اسب

این نقشه بخشی از بازوی جبّار را به پهنای ۵هزار سال نوری نشان می‌دهد.

اپسیلون ارابه‌ران

AE ارابه‌ران

سحابی دوک

R۲ ـ تک‌شاخ دربردارنده‌ی ستاره‌ای با درخشندگی ۱۰ هزار برابر خورشید است. این ستاره با ابری از غبار پوشیده شده است؛ اما می‌توان آن را با تلسکوپ‌های فروسرخ رصد کرد.

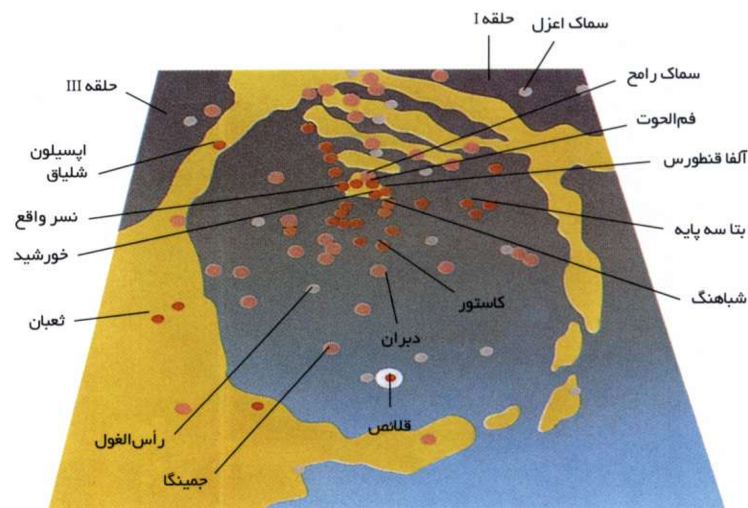
راهنمای نقشه

- ابرهای گاز هیدرون
- ابرهای مولکولی
- حباب‌های میان ستاره‌ای
- سحابی‌ها
- خوشه‌های ستاره‌ای و ستاره‌های غول

ساختار بازوی جبّار

اطراف ما، در بازوی جبّار، پُر از مکان‌های تولّد ستاره‌هاست؛ مانند سحابی جبّار، آمریکای شمالی و رو ـ مارافسای. ستاره‌های جوانی که اطراف آن‌ها را ابرهای ملکولی، محل تولّد ستاره‌ها، فرا گرفته‌اند، در گوشه و کنار دیده می‌شوند. بازمانده‌ی ستاره‌هایی که به پایان عمر خود رسیده‌اند نیز دیده می‌شوند.

کُرک محلی، توده‌ای گاز است که حلقه‌ی I آن‌ها را به سمت خورشید می‌راند.



حباب محلی خورشید

در منطقه‌ای از کهکشان با شکل حبابی قرار گرفته است که پهنای ۳۰۰ سال نوری دارد و حباب محلی نامیده می‌شود. با آن‌که چگالی این حباب در مقایسه با گاز میان‌ستاره‌ای اطراف بسیار کم است، دمای زیاد آن را متورّم نگه‌داشته است. به‌علاوه، در این منطقه ابرهایی از گازهای چگال‌تر نیز وجود دارد.

منطقه‌ی رو- مارافسای

یکی از رنگارنگ‌ترین مناطق آسمان است. رنگ سرخابی، حاصل از واکنش و برخورد امواج فرابنفش تابش شده از ستارگان جوان با گازهاست و رنگ آبی بر اثر پخش شدن نور به سبب دانه‌های غبار است. اما فعالیت اصلی، یعنی ستاره‌سازی، پشت ابرهای ملکولی تیره پنهان است.



«سر» صورت فلکی گاو (ثور)

با ستاره‌های خوشه‌ی قلائص تزیین شده است. «چشم» گاو، ستاره‌ی دبران که غول سرخ درخشانی است، در میان آن‌هاست. اما به این خوشه تعلق ندارد. قلائص نزدیک‌ترین خوشه‌ی ستاره‌ای به ما، با فاصله‌ی ۱۵۰ سال نوری است. این خوشه در مرکز مجموعه‌ی محلی از ستاره‌هاست که خورشید را نیز شامل می‌شود.

ستارگان خوشه‌ی قلائص، مانند «V» بزرگی در آسمان قرار گرفته‌اند. دبران نقطه‌ای از شکل V است.

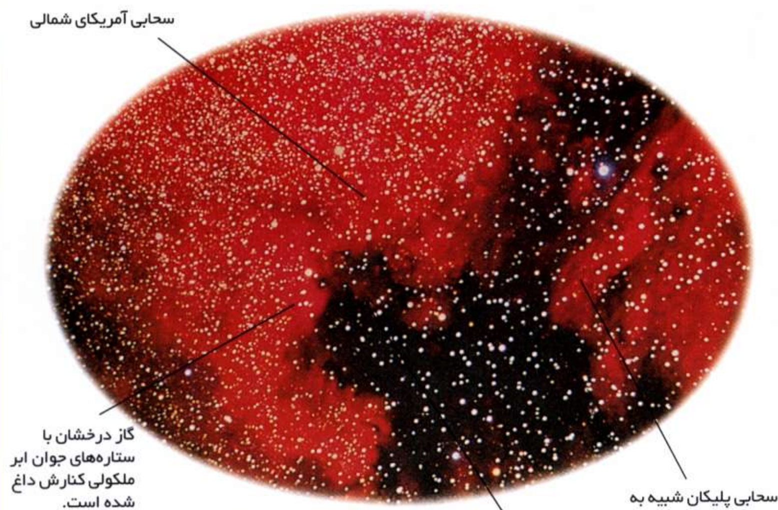


مهم‌ترین بازوی محلی (جبّار)

نام	فاصله (سال نوری)	نوع	توضیحات
قلائص	۱۵۰	خوشه‌ی ستاره‌ای	سنّ آن ۶۳۰ میلیون سال است
سهیل	۳۱۰	ستاره‌ی غول	صدهزار بار درخشان‌تر از خورشید است
یَدالجوزا	۴۰۰	غول سرخ	قطری ۴۰۰ برابر خورشید دارد
حلقه I	۴۰۰	حباب داغ	پهنای ۷۰۰ سال نوری
قلب‌العقرب	۵۰۰	غول سرخ	قلب سرخ رنگ صورت فلکی عقرب است
کندوی عسل	۵۲۰	خوشه‌ی ستاره‌ای	شبیه به کندوی زنبور عسل است
گونی زغال	۵۵۰	ابر ملکولی	جرمی ۴۰هزار برابر خورشید
رجل‌الجبار	۸۰۰	ستاره‌ی غول	ستاره‌ای آبی- سفید با دمای ۲۰هزار درجه‌ی سانتی‌گراد
مربع سرخ	۹۰۰	غول سرخ	دو فوران گاز دارد
سحابی دمبل	۱۰۰۰	سحابی سیاره‌نما	پهنای ۲ سال نوری
سحابی بادبان	۱۵۰۰	بازمانده‌ی اَبَرنواختری	سن ۱۲ هزار سال، یک تپ‌اختر دارد
سحابی جبّار	۱۶۰۰	سحابی	حداقل ۱۰۰ ستاره تازه متولّد شده دارد
سحابی سر اسب	۱۶۰۰	ابر ملکولی	از «پوزه» تا «یال» ۴ سال نوری است
چلپاسه OBI	۱۹۰۰	جمع ستاره‌ای	سن زیر ۳۰میلیون سال
اپسیلون- ارابه‌ران	۱۹۰۰	ستاره‌ی دوتایی	یکی از ستاره‌ها در قرص تیره‌ای پنهان است
AE - ارابه‌ران	۱۹۰۰	ستاره‌ی جوان	از سحابی جبّار «فرار کرده است»
سحابی دوک (کاج)	۲۴۰۰	سحابی	گاز روشن با «مخروطی» تیره
شکاف دجاجه	۲۴۰۰	ابر ملکولی	طول ۱۵۰۰ سال نوری
تک‌شاخ K۲	۲۶۰۰	ابر ملکولی	ستاره‌های تازه متولّد شده‌ای درون آن پنهان‌اند
زرافه OBI	۳۰۰۰	جمع ستاره‌ای	ستاره‌هایی با سنّ کمتر از ۱۰میلیون سال دارد

سحابی آمریکای شمالی

اگر به تصویر این سحابی نگاه کنید، به آسانی متوجه می‌شوید که دلیل نام‌گذاری آن، چه بوده است؛ سحابی، شباهت بسیاری به این قاره دارد. آمریکای شمالی و سحابی کناری آن، پلیکان، نواحی مرئی سحابی عظیمی به پهنای ۱۰۰ سال نوری، ۶ بار بزرگ‌تر از سحابی جبّار هستند.

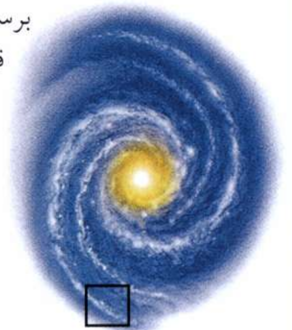


بیش‌تر بدانیم

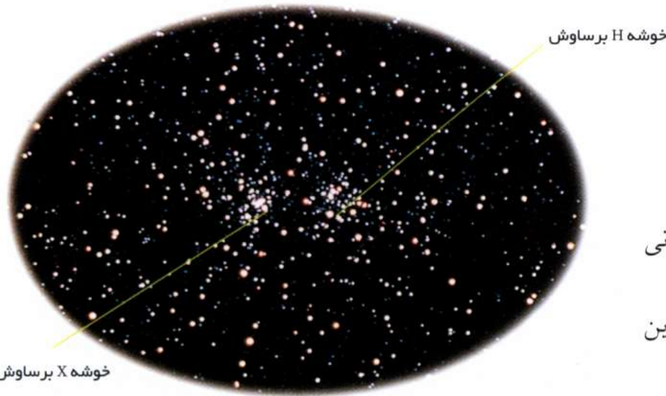
اندازه‌های ستاره‌ها ۱۸۲
سحابی‌های سیاره‌نما ۲۰۲
اَبَرنواخترها ۲۰۴
راه شیری ۲۱۴
بازوی برساوش ۲۲۰
بازوی قوس ۲۲۲

بازوی برساوش

تا سال ۱۹۵۱، اخترشناسان نمی‌دانستند راه شیری، کهکشانی مارپیچی است. در آن سال، اخترشناس آمریکایی ویلیام مورگان (۱۹۰۶ـ ۱۹۹۴) از درخشندگی ستاره‌های صور فلکی برساوش، ذات‌الکرسی و قیفاووس متوجه شد آن‌ها در فاصله‌ی یکسانی قرار دارند. در تصویری که او کشید، ستاره‌ها در نواری بین ۵ تا ۸هزار سال نوری پخش شده بودند. او بازوی برساوش، بیرونی‌ترین بازوی اصلی را کشف کرده بود.



جایگاه نقشه زیر در راه شیری



خوشه‌ی دوتایی (x و h)

خوشه‌ی دوتایی یا خی و اچ در فاصله‌ی ۷هزار سال نوری از ما قرار دارد. این دو خوشه‌ی باز ۵۰ سال نوری از هم فاصله دارند و در هر یک چندهزار ستاره جای گرفته است. آن‌ها قلب جمع بزرگ‌تر، اما کم‌تراکمی از ستاره‌های جوان را به پهنای ۷۵۰ سال نوری تشکیل می‌دهند.

بازمانده‌ی اَبَرنواختری تیکو بر اهه ستاره‌ای بود که وقتی هم‌دمش، گاز زیادی از خود به آن داد، به حدّ کافی پُرجرم شد که بر خود بِرُمبد و منفجر شود.

خوشه‌های خی ـ برساوش و اچ ـ برساوش، خوشه‌ی دوتایی را تشکیل می‌دهند. ستاره‌های اچ ـ برساوش بیش‌تر و پیرتر (۵ میلیون سال) از خی ـ برساوش (۳ میلیون سال) هستند.

ذات‌الکرسی A، پوسته نامنظمی از یک ستاره مرده است.

NGC۷۵۳۸ ابر ملکولی تاریکی است که خوشه‌ی ستاره‌ای را در پشت خود پنهان کرده است. این سحابی ماده‌ای برابر ۵۰۰هزار خورشید دربردارد.

در بعضی قسمت‌ها بازوی برساوش با جبار ادغام می‌شود.

خورشید

M۳۶، M۳۷ و M۳۸ خوشه‌های ستاره‌ای جوانی در صورت فلکی ارابه‌ران هستند که در فاصله‌ی ۴هزار سال نوری از ما قرار گرفته‌اند.

IC۱۷۹۵ بزرگ‌ترین منطقه‌ی تولّد ستارگان در بازوی برساوش است.

M۳۶

M۳۸

M۳۷

ستاره پلاسکت، در حقیقت دو ستاره‌ی بسیار نزدیک به هم با جرم‌های ۵۱ و ۴۳ برابر خورشید است.

NGC۴۵۷ خوشه‌ی ستاره‌ای معروف به خوشه‌ی جغد شامل ستاره‌ی فی ـ ذات‌الکرسی (چشم جغد)، غول زردی است که روزی یک اَبَرنواختر خواهد شد.

W۳

۳C ۵۸

H برساوش

X برساوش

IC ۱۸۰۵

IC ۱۸۴۸

سحابی روزت

سحابی خرچنگ

IC۱۸۰۵ و IC۱۸۴۸ خوشه‌ی دوتایی کم‌ستاره‌تر و جوان‌تری را در مقایسه با خی و اچ تشکیل می‌دهند.

این نقشه بخشی از بازوی برساوشی را به پهنای ۸۵۰۰ سال نوری نمایش می‌دهد.

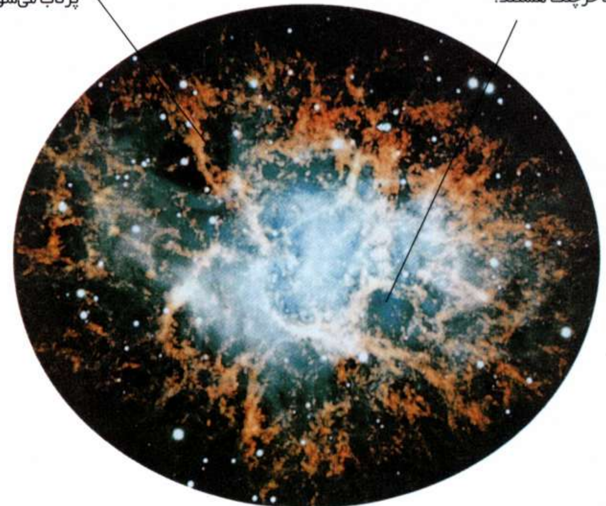
IC۴۴۳، سحابی بازمانده‌ی اَبَرنواختری است. انفجار آن ماده‌ی میان‌ستاره‌ای برابر هزار جرم خورشید را فشرده کرد که ممکن است روزی به ستاره‌های بسیاری تبدیل شوند.

راهنمای نقشه

- سحابی‌ها
- ابرهای ملکولی
- گروه‌های ستاره‌ای
- ابرهای گاز هیدروژن
- خوشه‌های ستاره‌ای و ستاره‌های غول
- تپ‌اخترها و بازمانده‌های ابرنواختری

ساختار بازوی برساوش

بازوی برساوش یکی از بازوهای اصلی کهکشان است؛ اما دور کهکشان نپیچیده است، و از بخش‌های ناپیوسته‌ای از ستاره‌های جوان و سحابی‌ها تشکیل شده است. تعداد زیادی بازمانده‌ی اَبَرنواختری نیز در این بازو دیده می‌شود که آن را به گورستان ستاره‌ای بدل کرده است.



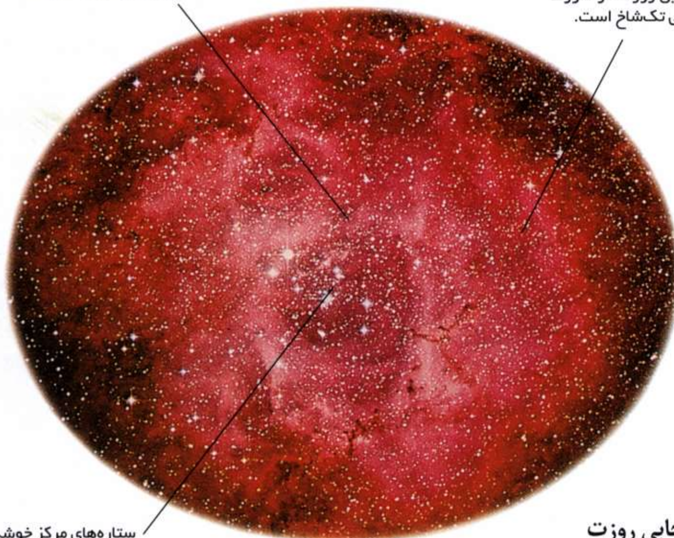
سحابی خرچنگ

بیش‌تر سحابی‌های بازمانده‌ی اَبَرنواختری، پوسته‌ای کروی شکل‌اند. اما سحابی خرچنگ از رشته‌های بی‌شمار بلندی تشکیل شده است که تا ۱۵ سال نوری در فضا پراکنده شده‌اند. نور محو آبی رنگی که در رشته‌های گاز دیده می‌شود، درخششی است که از الکترون‌های بسیار سریع ارسال شده است. این الکترون‌ها از تپ‌اختر مرکزی، که با سرعت زیادی دور خود می‌چرخد، خارج می‌شوند. تپ‌اختر سحابی خرچنگ فقط ۲۵ کیلومتر قطر دارد؛ اما جرم آن بیش‌تر از خورشید است.

اَبَرنواخترهای تاریخی

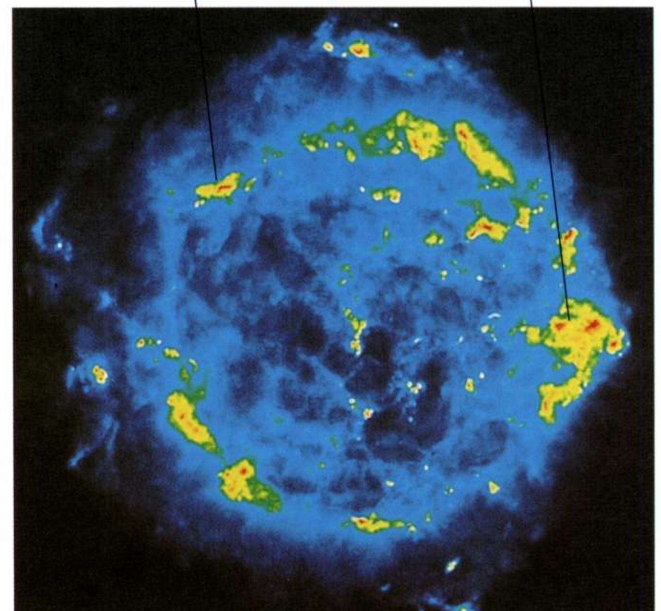


- در سال ۱۰۰۶ میلادی، اَبَرنواختری بسیار درخشان در صورت فلکی گرگ ظاهر شد. از آن ستاره‌ی منفجر شده، اکنون یک سحابی به گستردگی ۷۰ سال نوری باقی مانده است.
- در سال ۱۰۵۴ میلادی، اخترشناسان چینی «ستاره‌ی مهمانی» را در میان ستارگان ثور دیدند. این ستاره‌ی تابان تا سه هفته حتی در نور روز دیده می‌شد و تا ۲ سال در آسمان شب قابل مشاهده بود. امروز، باقی‌مانده‌ی آن انفجار را سحابی خرچنگ می‌نامیم.
- در سال ۱۵۷۲، تیکو براهه در صورت فلکی ذات‌الکرسی ستاره‌ی جدیدی (یک اَبَرنواختر) دید.
- در سال ۱۶۸۰، جان فلامستید ستاره‌ی کم‌نوری را به نام «۳- ذات‌الکرسی» ثبت کرد که احتمالاً ستاره‌ای است که با انفجار خود سحابی ذات‌الکرسی A را به‌وجود آورده است.



سحابی روزت

این سحابی گل‌سرخ‌مانند با اندازه‌ای بزرگ‌تر از ماه کامل در آسمان، در ۵۵۰۰ سال نوری از ما قرار دارد. با گذشت زمان، بر اثر تابش و بادهای شدیدی که از ستاره‌هایی که در مرکز سحابی شکل می‌گیرند، می‌وزد، گاز سحابی به اطراف پراکنده می‌شود و سحابی بزرگ‌تر و کم‌نورتر خواهد شد.



ذات‌الکرسی A

درخشان‌ترین منبع رادیویی که از زمین رصد می‌شود. ذات‌الکرسی A بازمانده‌ی ستاره‌ای است که ۳۰۰ سال پیش منفجر شده است. تلسکوپ‌های رادیویی نشان می‌دهند گازهای این سحابی با سرعت ۶هزار کیلومتر بر ثانیه از مرکز دور می‌شوند. بخش‌های روشن، نواحی چگال و داغ پوسته‌اند. بر اثر انفجار این ستاره و پوسته‌ای که منبسط می‌شود، ابرهای سردتر فضای میان‌ستاره‌ای اطراف جارو می‌شوند.

جرم‌های اصلی در بازوی برساوش

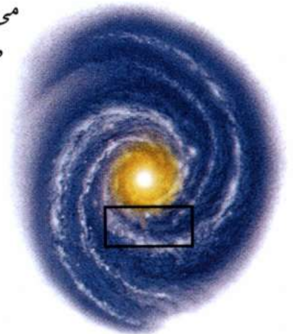
نام	فاصله (سال نوری)	نوع	توضیحات
M۳۶	۴۱۰۰	خوشه‌ی ستاره‌ای باز	سن ۲۰میلیون سال
M۳۸	۴۲۰۰	خوشه‌ی ستاره‌ای باز	شبیه به صلیب
M۳۷	۴۶۰۰	خوشه‌ی ستاره‌ای باز	سن ۳۰۰میلیون سال
ستاره پلاسکت	۵۰۰۰	ستاره‌ی دوتایی	۵۱ و ۴۳ برابر جرم خورشید
سحابی روزت	۵۵۰۰	سحابی نشری	پهنای ۱۰۰ سال نوری
W۳	۵۵۰۰	ابر ملکولی	زایشگاه عظیم ستاره‌ای
سحابی خرچنگ	۶۵۰۰	بازمانده‌ی اَبَرنواختری	تپ‌اختر فعالی دارد
خوشه‌ی دوتایی	۷۴۰۰	خوشه‌های ستاره‌ای باز	سن ۳ و ۵میلیون سال
بازمانده‌ی اَبَرنواختری تیکو	۷۵۰۰	بازمانده‌ی اَبَرنواختری	از ابرنواختر سال ۱۵۷۲
۳C۵۸	۸۸۰۰	بازمانده‌ی اَبَرنواختری	از اَبَرنواختر سال ۱۱۸۱
فی- ذات‌الکرسی	۹۴۰۰	ستاره‌ای درخشان	۲۰۰هزار بار پرنورتر از خورشید
ذات‌الکرسی A	۱۰۰۰۰	بازمانده‌ی اَبَرنواختری	منبع رادیویی پرنور

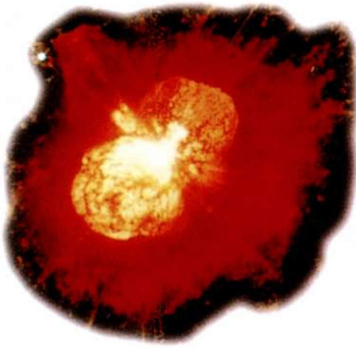
بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی رادیویی ۳۰، خوشه‌ها و دوتایی‌ها ۱۹۴
اَبَرنواخترها ۲۰۴، ستاره‌های نوترونی ۲۰۶، راه شیری ۲۱۴، بازوی قوس ۲۲۲

بازوی قوس

بازوی قوس یکی از دو بازوی مارپیچی اصلی راه شیری، میان بازوی جبّار و مرکز کهکشان قرار گرفته و حدود ۵هزار سال نوری به مرکز نزدیک‌تر است. این بازو بسیار پهناور است و پیش از آن‌که در فضا محو شود، کاملاً به دور کهکشان می‌پیچد. بازوی شاه‌تخته یا کارینا نیز احتمالاً ادامه‌ی همین بازوست. بازوی قوس در امتداد صورت‌های فلکی مار، سپر، قوس، عقرب، قنطورس، و شاه‌تخته گسترده است. از جایگاه ما در بازوی جبّار، مشاهده‌ی بازوی قوس چندان ساده نیست؛ زیرا توده‌های غبار آن‌را می‌پوشانند. امواج رادیویی و فروسرخ از این غبار می‌گذرند و اخترشناسان با رصد در این طول موج‌ها، به آن‌چه در پشت توده‌های غبار پنهان شده است، پی می‌برند. برای اخترشناسان، این منطقه از آسمان، پُر از جلوه‌های ویژه و عجیب است؛ به خصوص که مرکز کهکشان نیز در پشت همین بازو، از دید ما مخفی است.


جایگاه نقشه زیر در راه شیری



اِتا ـ شاه‌تخته

این ستاره با درخشندگی ۵میلیون برابر خورشید، یکی از درخشان‌ترین و ناپایدارترین ستاره‌های شناخته شده است. در این تصویر تلسکوپ هابل، این ستاره در پوششی از غبار، که در سال ۱۸۴۳ به فضا پرتاب کرده است، دیده می‌شود. احتمالاً در چند هزار سال آینده، این ستاره به اَبَرنواختری تبدیل خواهد شد.

نقشه، نشان‌دهنده‌ی بخشی از بازوی قوس، با پهنای تقریباً ۱۲هزار سال نوری است.

تپ‌اختر میلی‌ثانیه‌ای، در هر ثانیه ۶۴۲ بار دور خود می‌چرخد و جزو سریع‌ترین تپ‌اخترهای چرخنده است. این سرعت زیاد علاوه بر ماهیت عمومی همه‌ی تپ‌اخترها، احتمالاً حاصل از هم‌دمی است که مواد خود را بر این ستاره می‌ریزد. اکنون تپ‌اخترهای میلی‌ثانیه‌ای بسیاری در کهکشان شناخته شده‌اند.

سحابی عقاب، نام سحابی غبارآلود و تیره‌رنگی به شکل عقاب است که در زمینه‌ی گازهای روشن خودنمایی می‌کند.

سحابی امگا یا قو بخش متورم شده‌ای از گازی داغ در گوشه‌ای از ابر ملکولی چگالی با پهنای ۶۵ سال نوری است.

SN ۱۰۰۶ سحابی بازمانده‌ی اَبَرنواختری است که در سال ۱۰۰۶ ظهور کرد.

جعبه‌ی جواهر خوشه‌ای از ستارگان آبی بسیار زیبایی است که در نزدیکی صورت فلکی صلیب جنوبی قرار گرفته‌اند. یکی از ستاره‌ها، کاپا ـ صلیب جنوبی، غولی سرخ است.

دجاجه X ـ ۱ ستاره‌ای دوتایی است که یکی از آن‌ها به سیاه‌چاله تبدیل شده است.

سحابی شاه‌تخته، خانه‌ی ستاره‌ی HD۹۳۱۲۹A (اتا ـ شاه‌تخته) است که ۵میلیون بار درخشنده‌تر از خورشید است.

سحابی سه‌تکه

سحابی مرداب

تپ اختر بیوه

V۴۰۴ دجاجه

FG قوس

اتا شاه تخته

خورشید

PSR ۱۹۱۹+۲۱ اولین تپ‌اختری بود که کشف شد. تپ‌های بسیار منظمی که آن زمان از ستاره ثبت کردند، بسیار غیرطبیعی و ساخته‌ی هوش‌مندان سیاره‌ی دیگری می‌نمود. به همین سبب، در آن زمان کاشفان تپ‌اختر، نام آن را LGM ـ۱ (کوتاه شده‌ی مردان سبز کوچک ـ ۱) گذاشتند.

عقرب X ـ ۱، ستاره‌ی نوترونی مرده‌ای است که اولین چشمه‌ی پرتو ایکس کشف شده در خارج از منظومه‌ی شمسی بود.

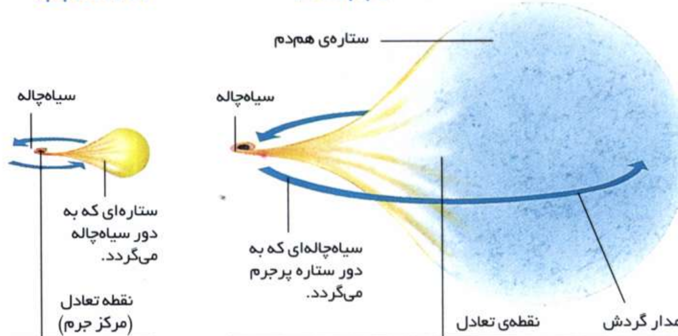
راهنمای نقشه
- ابرهای گاز هیدروژن
- سحابی‌ها
- ابرهای ملکولی
- جمع‌های ستاره‌ای
- تپ‌اخترها و بازمانده‌های ابرنواختری
- خوشه‌های ستاره‌ای

ساختار بازوی قوس

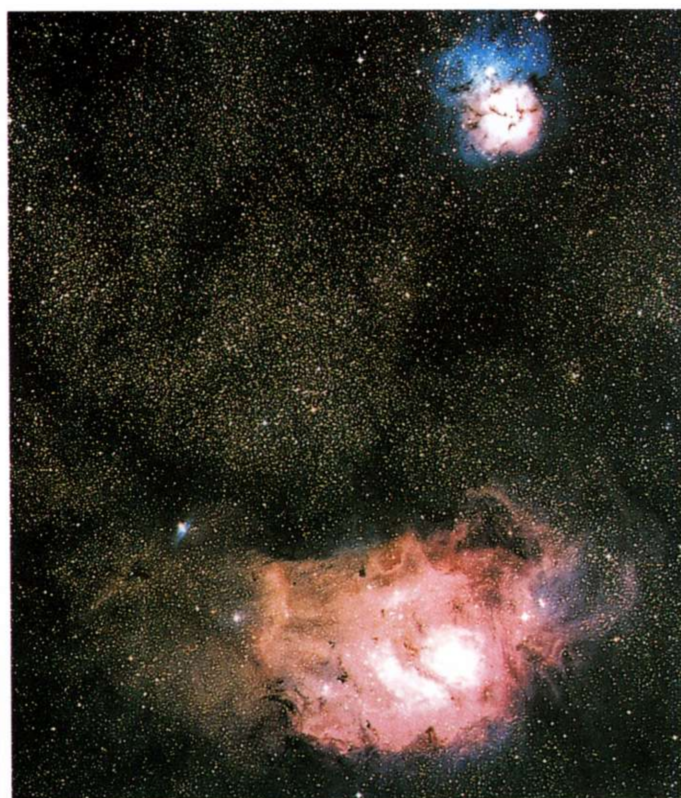
سحابی‌های بزرگ و ابرهای ملکولی چگال، بخش‌هایی از بازو را، که در نزدیکی ما قرار دارد، فراگرفته‌اند؛ سحابی‌های عقاب، امگا، سه‌تکه، مرداب و شاه‌تخته، که محل تولّد ستارگان هستند، در نزدیکی ما قرار دارند. تپ‌اخترها، سیاه‌چاله‌ها و بازمانده‌های ستاره‌های مرده نیز در این بخش دیده می‌شوند. در نزدیکی مرکز کهکشان، ابرهای ملکولی بسیاری در بازوی قوس پیدا می‌شوند.

سیاه‌چاله‌های دجاجه

در بازوی قوس سیاه‌چاله‌های بسیاری پیدا می‌شود؛ سیاه‌چاله‌هایی که اگر در منظومه‌های دوتایی قرار داشته باشند، ستاره‌شناسان می‌توانند جرم آن‌ها را محاسبه کنند. جرم دو ستاره، تعیین می‌کند که دو جرم چگونه و در چه مداری به دور هم می‌گردند. در منظومه‌ی V۴۰۴ ـ دجاجه، مرکز جرم تقریباً درون سیاه‌چاله قرار دارد و ستاره‌ی هم‌دم دور سیاه‌چاله می‌گردد. در دجاجه X ـ۱، ستاره پُرجرم‌تر از سیاه‌چاله است و سیاه‌چاله دور ستاره می‌گردد.



نام	فاصله (سال نوری)	نوع	توضیحات
جرم‌های اصلی در بازوی قوس			
عقرب X ـ ۱	۱۸۰۰	منبع پرتو ایکس	اولین منبع پرتو ایکس که خارج از منظومه‌ی شمسی کشف شد
PSR ۱۹۱۹+۲۱	۲۱۰۰	تپ‌اختر	اولین تپ‌اختر کشف شده
SN ۱۰۰۶	۳۵۰۰	بازمانده‌ی اَبَرنواختری	بازمانده از درخشان‌ترین اَبَرنواختر دیده شده در سال ۱۰۰۶
V۴۰۴ ـ دجاجه	۴۸۰۰	سیاه‌چاله	۸ تا ۱۵ جرم خورشیدی
تپ‌اختر بیوه	۵۰۰۰	تپ‌اختر	هم‌دم خود را نابود می‌کند
سحابی اومگا	۵۰۰۰	سحابی	می‌تواند یک میلیون ستاره بسازد
سحابی مرداب	۵۲۰۰	سحابی	سنّ ستاره‌های جوان آن ۲میلیون سال است
سحابی سه‌تکه	۵۲۰۰	سحابی	نام آن به سبب وجود نوارهای تیره غبار است
FG ـ قوس	۶۲۰۰	ستاره‌ی ناپایدار	لایه‌های گاز به بیرون پرتاب می‌کند
سحابی عقاب	۷۰۰۰	سحابی	ستاره‌های آن ۶میلیون سال دارند
دجاجه X ـ ۱	۷۵۰۰	سیاه‌چاله	۱۶ جرم خورشیدی
جعبه‌ی جواهر	۷۶۰۰	خوشه‌ی ستاره‌ای	سن ۷ میلیون سال
اتا ـ شاه تخته	۹۰۰۰	ستاره‌ی متغیر	به صورت اَبَرنواختر منفجر خواهد شد
SNR کپلر	۱۲۵۰۰	بازمانده‌ی اَبَرنواختری	یوهان کپلر اَبَرنواختر را درسال ۱۶۰۴ دید
SS ۴۳۳	۱۸۰۰۰	ستاره‌ی دوتایی	فوران‌ها با سرعت ۷۰هزار کیلومتر بر ثانیه پرتاب می‌شوند
تپ‌اختر دوتایی	۲۳۰۰۰	تپ‌اختر	دور ستاره‌ی نوترونی می‌گردد
NGC ۶۳۰۳	۲۵۰۰۰	سحابی	پُرجرم‌ترین سحابی کهکشان
تپ‌اختر میلی‌ثانیه‌ای	۳۱۰۰۰	تپ‌اختر	یکی از سریع‌ترین تپ‌اخترها در چرخش به دور خود

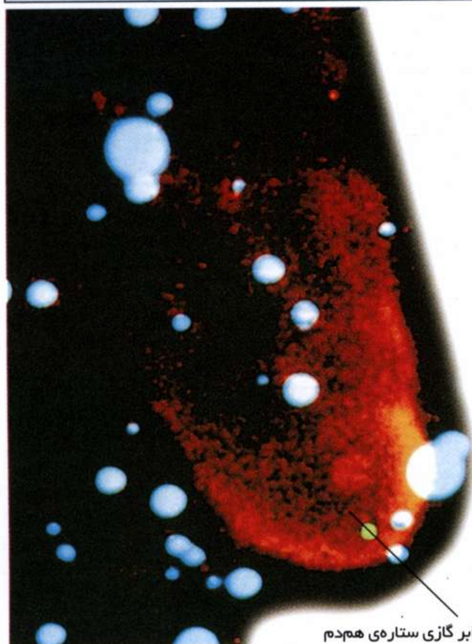


سحابی‌های سه‌تکه و مرداب

این دو سحابی، در فاصله‌ی بیش از ۵هزار سال نوری از ما در امتداد مرکز کهکشان در قوس، از مناظر بسیار زیبای آسمان به‌شمار می‌آیند. در سحابی سه‌تکه (بالا) نواحی تیره غبار، سحابی روشن را به سه بخش تقسیم کرده‌اند. درون سحابی، خوشه‌ی ستاره‌ای فشرده قرار دارد که تابش ستارگان آن، گاز هیدروژن سحابی را برانگیخته می‌کند و موجب می‌شود به رنگ صورتی بدرخشد. سحابی مرداب (پایین) اطراف خوشه‌ی ستاره‌ای جوانی به عمر حدود ۲میلیون سال پراکنده است. این ستاره‌ها آن‌قدر پُرجرم و درخشان‌اند که اجتماع آن‌ها و سحابی مرداب با چشم غیر مسلح نیز به صورت تکه ابری در زمینه‌ی راه شیری تابستان دیده می‌شوند.

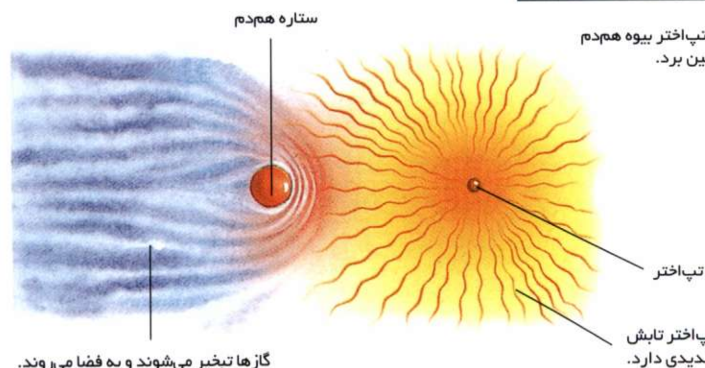
تپ‌اختر بیوه

این تپ‌اختر، یکی از عجیب‌ترین تپ‌اخترهای آسمان است. انرژی آزاد شده از چرخش سریع این تپ‌اختر، گازهای ستاره‌ی هم‌دم خود را داغ و تبخیر کرده و موجب شده است ستاره گازهای خود را از دست بدهد و در فضا پراکنده کند. اکنون تپ‌اختر در هاله‌ای از گاز تابان، که از ستاره‌ی هم‌دم آزاد شده است، قرار دارد. تپ‌اختر، سرانجام همه‌ی ستاره‌ی هم‌دم خود را تبخیر خواهد کرد.



بیش‌تر بدانیم

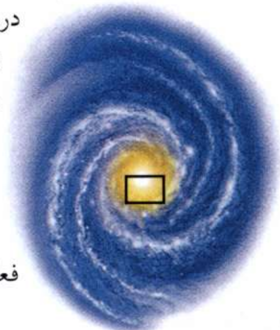
ستاره‌های متغیر ۱۸۴
ستاره‌های نوترونی ۲۰۶، سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸
راه شیری ۲۱۴، همسایگان محلی ما ۲۱۸



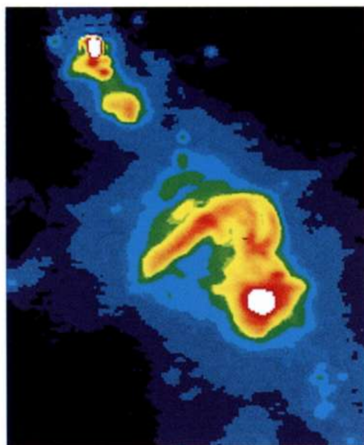
آن‌طور که تپ‌اختر بیوه هم‌دم خود را از بین برد.

قلب راه شیری

مرکز راه شیری، که بیش از ۲۵هزار سال نوری از ما فاصله دارد، با بخش‌های دیگر کهکشان بسیار متفاوت است. مرکز کهکشان، برآمدگی میله‌ای شکلی از ستارگان پیر زرد و قرمز و مقدار کمی گاز است. تا مدت‌ها، اخترشناسان از آن‌چه درون این برآمدگی بود، اطلاع نداشتند؛ زیرا حجم زیاد گاز و غبار، آن منطقه را از دید تلسکوپ‌های نور مرئی پنهان می‌کرد. اما اکنون تلسکوپ‌های رادیویی و فروسرخ به آن مناطق نفوذ می‌کنند و از اسرار آن مانند فوران‌های عظیم و بسیار پُرسرعت گاز و مناطقی با میدان مغناطیسی قوی پرده برمی‌دارند. به سمت مرکز کهکشان، دما افزایش می‌یابد. این شواهد نشان می‌دهد مرکز کهکشان، مکانی آشوبناک و پُرانرژی است. شکل‌گیری و تولّد ستارگان جوان و ریزش گاز به درون سیاه‌چاله‌ای اَبَرپُرجرم در قلب کهکشان، از جمله فعالیت‌هایی است که در مرکز رخ می‌دهد.



جایگاه نقشه زیر در راه شیری



تصویر رادیویی از مرکز

این تصویر رادیویی از مرکز کهکشان، منطقه‌ای به پهنای ۴۵۰ سال نوری را پوشش می‌دهد. نقطه‌ی روشنی که در پایین تصویر دیده می‌شود، مجموعه‌ی قوس A است. ناحیه‌ی منحنی شکل، «کمان» نام دارد و در بالا، سمت چپ، ابر ملکولی بزرگ قوس B2 قرار دارد. اخترشناس ایرانی، دکتر فرهاد یوسف‌زاده، از نخستین دانشمندانی بود که به کمک داده‌های آرایه‌ی تلسکوپ‌های رادیویی VLA، جرم سیاه‌چاله‌ی مرکزی کهکشان را تخمین زد. امروز می‌دانیم این سیاه‌چاله بیش از ۴میلیون خورشید جرم دارد.

قوس B۲ چگال‌ترین و پُرجرم‌ترین ابر ملکولی کهکشان است. در این منطقه، ستاره‌های بسیاری متولّد می‌شوند.

منطقه‌ی درون حلقه‌ی ملکولی، هزار سال نوری پهنا دارد.

کمان، از نوارهای باریک و پیچان گاز تشکیل شده است.

لُب رادیویی، منطقه‌ی وسیعی از گاز مغناطیس‌شده است.

مجموعه‌ی قوس A، ابر گازی داغی در قلب راه شیری است که از دو بخش قوس A شرقی و قوس A غربی تشکیل شده است. تصور می‌شود فوران‌های جت‌مانند ذرات از قرص گاز اطراف سیاه‌چاله‌ی مرکزی کهکشان، وقتی در ماده‌ی میان‌ستاره‌ای چگال قلب کهکشان نفوذ می‌کند، ابرهای داغی پدید می‌آورد.

میلیون‌ها ستاره، فشرده‌تر از هر مکان دیگری در کهکشان، در مرکز جمع شده‌اند.

قوس A غربی، دقیقاً اطراف مرکز کهکشان را پوشانده است. این منطقه از نوارهای گاز، که حرکت‌های پیچیده‌ای دارند، تشکیل شده است.

کمان

لب رادیویی

حلقه‌ی ملکولی، دربردارنده‌ی تعدادی ابر ملکولی است. حلقه با سرعت ۱۵۰ کیلومتر بر ثانیه گسترده می‌شود. این مجموعه، حدود یک میلیون سال پیش، از یک انفجار به‌وجود آمد.

قوس A*، چشمه‌ی رادیویی فشرده و کوچکی است که دقیقاً مرکز کهکشان را نشان می‌دهد.

هنوز ستاره‌شناسان به‌طور دقیق مکان بسیاری از جرم‌ها و ساختارهای دیده شده در طول موج رادیویی مرکز کهکشان را نمی‌دانند.

حلقه‌ملکولی

قوس A شرقی، پشت مرکز کهکشان قرار دارد و احتمالاً حباب گاز داغی از یک اَبَرنواختر است.

ساختار مرکز کهکشان

مرکز مکانی است که بزرگ‌ترین و پُرجرم‌ترین جرم‌های کهکشان در آن جمع شده‌اند. در هسته‌ی آن، خوشه‌ی ستاره‌ای با ستاره‌های اَبَرغول سرخ‌رنگی وجود دارد که در دام نیروی گرانش قوی چشمه‌ی رادیویی قوس A افتاده‌اند. سرعت زیاد ستاره‌ها و نزدیکی آن‌ها به مرکز جرم نشان می‌دهد قوس A، سیاه‌چاله‌ای بسیار پُرجرم در رده‌ی سیاه‌چاله‌های کهکشانی پُرجرم است.

راهنمای نقشه


سحابی‌ها


ابرهای ملکولی


ابرهای گاز هیدروژن

کشف مرکز کهکشان

• در سال ۱۹۱۸، هارلو شیپلی مکان خورشید را در کهکشان و فاصله‌ی آن را از مرکز، با اندازه‌گیری فاصله‌ی خوشه‌های کروی به‌دست آورد.

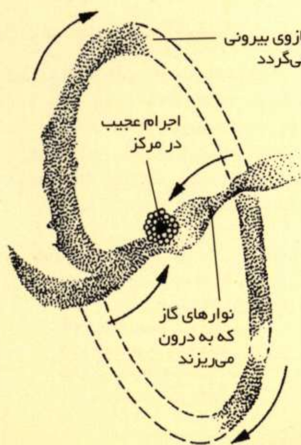
• پس از بررسی ابرهای گاز پُرسرعت در مرکز کهکشان، یان اورت در سال ۱۹۵۷ احتمال وجود نوعی فوران و انفجار را در مرکز مطرح کرد.

• در سال ۱۹۵۸، یوسف شکلوفسکی اعلام کرد «عارضه‌ی عجیبی» در مرکز کهکشان وجود دارد.

• در اواسط دهه‌ی ۱۹۶۰، نشانه‌هایی از ملکول‌ها در مرکز کهکشان مشاهده و حلقه‌ی ملکولی کشف شد.

• رصدهای فروسرخ در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ جزییاتی درباره‌ی خوشه‌ی ستاره‌ای مرکزی آشکار کرد.

• در سال ۱۹۸۳، تلسکوپ رادیویی آرایه‌ی بسیار بزرگ (VLA)، گازهای چرخان در مارپیچ مرکزی کهکشان را کشف کرد.



چرخش مارپیچ مرکزی

• در سال ۱۹۸۴، ستاره‌شناسان کمان را کشف کردند.

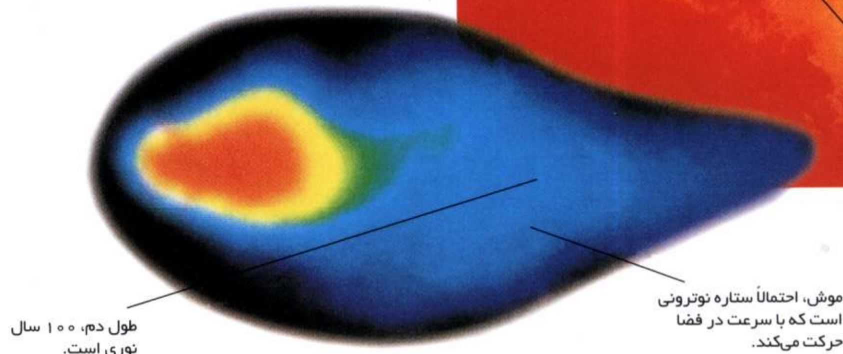
• ستاره‌شناسان با اندازه‌گیری و مطالعه‌ی سرعت و حرکت ستاره‌ها، در سال ۱۹۹۷ کشف کردند سیاه‌چاله‌ای با جرم ۲/۵میلیون خورشید در مرکز کهکشان قرار دارد. اما در سال‌های اخیر، بررسی ستاره‌های بیش‌تری در مرکز، جرم سیاه‌چاله را بیش از ۴میلیون خورشید نشان می‌دهد.

بیش‌تر بدانیم

سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸
راه شیری ۲۱۴
فضای میان‌ستاره‌ای ۲۱۶
کهکشان‌های فعال ۲۳۶

ساختارهای مغناطیسی

درونی‌ترین بخش به پهنای ۱۰۰ سال نوری، دارای میدان‌هایی مغناطیسی، هزار بار قوی‌تر از آن چیزی است که در هر کجای دیگر راه شیری دیده می‌شود. این میدان‌ها از ساختارهای کمانی شکلی که در گاز میان‌ستاره‌ای می‌سازند، تشخیص داده می‌شوند. این منطقه بخشی از لُب رادیویی، ناحیه‌ی وسیع دودکش‌مانندی از گاز مغناطیس شده است و در آن جرم‌های عجیب و بی‌نظیری وجود دارند که مختص این ناحیه از کهکشان‌اند؛ مانند ساختاری به نام موش. منشأ میدان‌های مغناطیسی این ناحیه به‌درستی مشخص نیست.



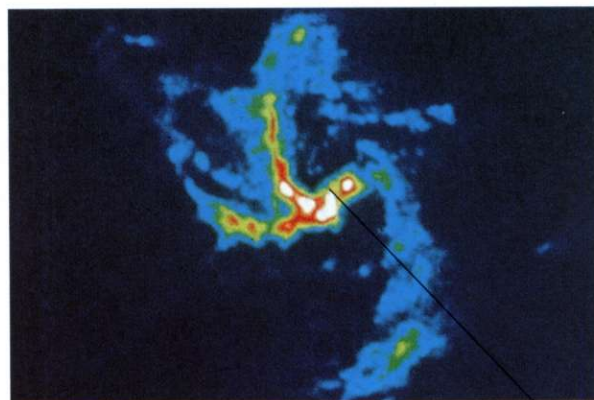
کمان، که مانند زبانه‌ی عظیم خورشیدی خم شده است، از گازهایی با طول ۱۵۰ سال نوری تشکیل شده است؛ اما فقط یک سال نوری پهنا دارد.

موش، احتمالاً ستاره نوترونی است که با سرعت در فضا حرکت می‌کند.

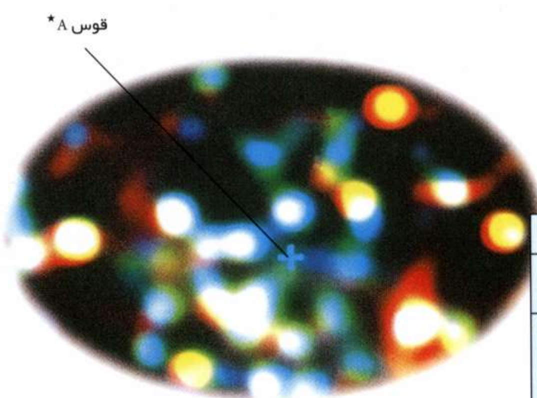
طول دم، ۱۰۰ سال نوری است.

مارپیچ مرکزی

در شعاع ۱۰ سال نوری از مرکز سه منطقه وجود دارد: قوس A غربی، قوس A* و خوشه‌ی ستاره‌ای مرکزی. قوس A غربی مانند یک کهکشان کوچک مارپیچی است. اما بازوهای مارپیچی کوچک‌تر گازهایی هستند که به درون فرومی‌ریزند و دو بازوی اصلی بخش‌هایی از قرص چرخانی از گاز داغ‌اند. این قرص برافزایشی اطراف سیاه‌چاله‌ی مرکزی است. سرعت چرخش قرص نشان می‌دهد ماده‌ای که درون آن است، جرمی برابر ۵میلیون خورشید دارد.



قوس A*



قوس A*

خوشه‌ی ستاره‌ای مرکزی

درون قوس A غربی، خوشه‌ی ستاره‌ای مرکزی با ۲/۵میلیون ستاره وجود دارد. این تصویر فروسرخ ستاره‌ها را تا شعاع ۲ سال نوری از مرکز کهکشان نشان می‌دهد. در مرکز قوس A، سیاه‌چاله‌ای با جرم ۲/۵میلیون خورشید قرار دارد. اکنون این سیاه‌چاله چندان فعال نیست؛ اما در گذشته فعال بوده است. اگر مقدار کافی گاز برای «تغذیه» سیاه‌چاله وجود داشته باشد، ممکن است دوباره در آینده ناآرام شود.

جرم‌های مرکزی کهکشان

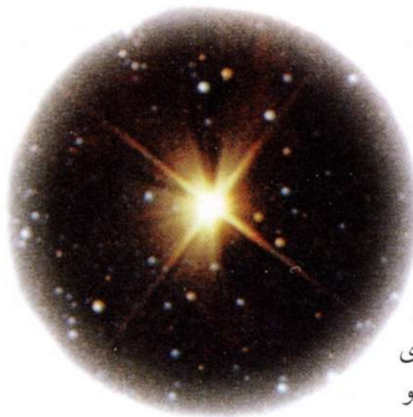
نام	فاصله‌ازمرکز (سال نوری)	توضیحات
قوس A*	۰	سیاه‌چاله‌ای با جرم ۲/۵میلیون خورشید
IRS ۱۶	۰/۱	خوشه‌ی ستاره‌ای آبی
قوس A غربی	۱۰	قرص گاز داغ
صفحه‌ی پیراهسته‌ای	حدود ۲۰	منبع گاز سرد
قوس A شرقی	۳۰	حبابی از گاز داغ
کمان	۱۰۰	کمان مغناطیسی
موش	حدود ۱۰۰	ستاره‌ای نوترونی با دم
لُب رادیویی	حدود ۳۰۰	«دودکش» مغناطیسی
نابودکننده‌ی بزرگ	۳۴۰	سیاه‌چاله‌ای با فوران ماده(جت)
قوس B۲	۴۰۰	ابر ملکولی پُرجرم
حلقه‌ی ملکولی	۵۰۰	حلقه‌ای از ابرهای ملکولی

ابرهای ماژلان

همان‌گونه که زمین با نیروی گرانش ماه را در مداری به دور خود نگه‌می‌دارد، کهکشان راه شیری نیز چند کهکشان اقماری دارد. بارزترین آن‌ها، ابرهای بزرگ و کوچک ماژلان هستند که در مداری بیضوی دور راه شیری می‌گردند و بیش از ۱میلیارد سال طول می‌کشد تا یک دور کامل بزنند. اکنون ابرهای ماژلانی تقریباً در نزدیک‌ترین فاصله از ما هستند و منظره‌ی زیبایی را در آسمان نیم‌کره‌ی جنوبی رقم می‌زنند. ما به سادگی می‌توانیم ستاره‌ها و سحابی‌های این همسایه‌های نزدیکمان را ببینیم. ابرهای ماژلان در شناخت هرچه بیش‌تر ویژگی‌های ستاره‌ها و کهکشان‌ها، برای ستاره‌شناسان نقش مهمی بازی می‌کنند.

اَبَرنواختر 1987 A

در بیست و سوم فوریه‌ی سال ۱۹۸۷، رصدگران در شیلی، ستاره‌ی جدیدی را در ابر بزرگ ماژلان دیدند. با وجود فاصله‌ی زیاد این ستاره در کهکشانی دیگر، اَبَرنواختر تا ۱۰ ماه در آسمان تاریک، با چشم غیر مسلح دیده می‌شد و در بیش‌ترین درخشندگی خود، برابر ۲۵۰میلیون خورشید می‌درخشید.



ابر بزرگ ماژلان ۶۵۰۰ خوشه‌ی ستاره‌ای دارد.

ساختار مارپیچی محوی در این گوشه‌ی میله‌ی مرکزی مشاهده می‌شود. برخی ستاره‌شناسان ابر ماژلانی بزرگ را «کهکشانی با یک بازو» می‌نامند.

ابرهای تیره غبار در ابر بزرگ ماژلان کمتر از راه شیری هستند.

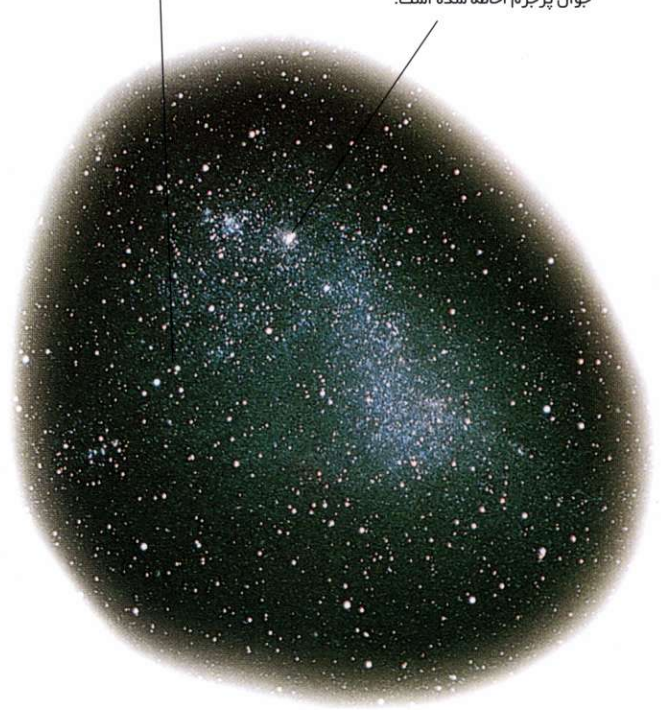
S ـ ماهی طلایی، یکی از پرنورترین ستاره‌های ابر بزرگ ماژلان است. درخشندگی این ستاره‌ی متغیر ۵۰۰هزار برابر خورشید است.

ابر بزرگ ماژلان

با آن‌که جرم ابر بزرگ ماژلان فقط یک بیستم جرم راه شیری است، نسبت ستاره‌ها و گاز درون آن با کهکشان ما یکسان است. ابر بزرگ ماژلان یا LMC کوچک‌تر از آن است که مانند راه شیری، بازوهای مارپیچی داشته باشد. این ابر با فاصله‌ی ۱۶۰هزار سال نوری، نزدیک‌ترین کهکشان یک‌پارچه به ماست؛ فقط کوتوله‌هایی مانند کهکشان کوچک قوس، که راه شیری آن را تکه‌تکه کرده است، نزدیک‌ترند.

NGC ۳۴۶ سحابی بزرگی است که با خوشه‌ای از ستاره‌های جوان پُرجرم احاطه شده است.

NGC ۴۱۹ خوشه‌ی کروی با تقریباً ۱ میلیون ستاره است.



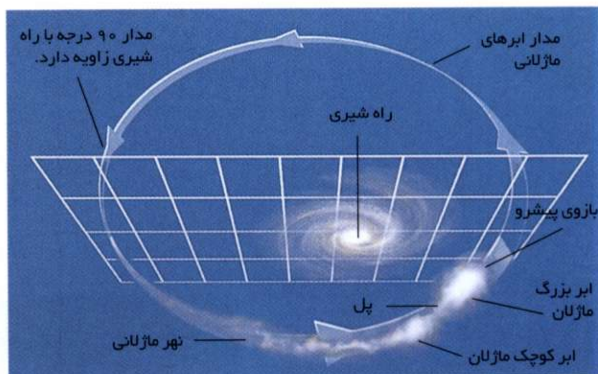
ابر کوچک ماژلان

ابر کوچک ماژلان یا SMC یک چهارم هم‌دم خود جرم دارد و کمی دورتر، در فاصله‌ی ۱۹۰هزار سال نوری قرار گرفته است. به سبب اندازه‌ی کوچکش، گرانش راه شیری شکل آن را تغییر داده و تکه‌تکه‌اش کرده است. این کهکشان ۲هزار خوشه‌ی ستاره‌ای دارد که بسیاری از آن‌ها صدمیلیون سال پیش بر اثر انفجاری ناگهانی به‌وجود آمده‌اند.



سحابی رتیل

سحابی رتیل یکی از بزرگ‌ترین و درخشان‌ترین سحابی‌هاست. پهنای آن حدود ۸۰۰ سال نوری و ۵۰ بار بزرگ‌تر از سحابی جبّار در کهکشان راه شیری است. اگر سحابی رتیل در جای جبّار قرار داشت، اندازه‌اش از کل صورت فلکی جبّار بزرگ‌تر و درخشان‌تر از ماه کامل می‌شد. این ابر گازی بزرگ با ستاره‌های داغ جوان روشن می‌شود. خوشه‌ای در مرکز آن بیش از صد ستاره دارد که هر یک پُرجرم‌تر از ۵۰ خورشیدند.



نهر ماژلانی

گرانش راه شیری، گازهای ابرهای ماژلان را به فضا پراکنده است. نواری از گاز، به نام «پل» دو کهکشان را به هم پیوند داده و دم طویلی از گاز، به نام نهر ماژلانی، در پشت کهکشان‌ها در مدار بیضوی آن‌ها بر جای مانده است. مقداری گاز به نام بازوی پیش‌رو نیز پیشاپیش کهکشان‌ها پخش شده است.

مکان ابرنواختر ۱۹۸۷A

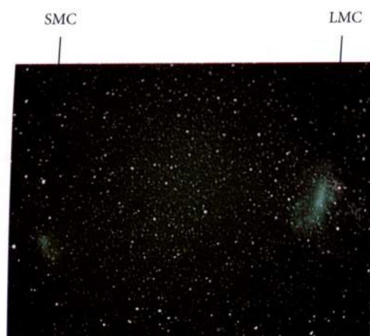
سحابی رتیل بزرگ‌ترین و درخشان‌ترین ابر گازی در ابر بزرگ ماژلان است.

NGC ۲۱۰۰ خوشه‌ی ستاره‌ای باز بسیار بزرگی است که فقط ۲۰ میلیون سال عمر دارد.

میله‌ی مرکزی ستاره‌ها، ۱۰ هزار سال نوری طول دارد.

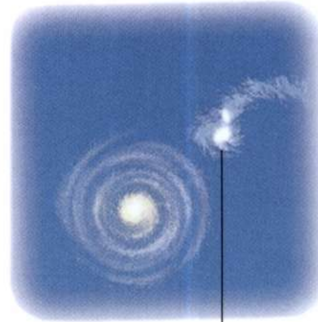
رصد ابرهای ماژلان

این ابرها، به سادگی از نیم‌کره‌ی جنوبی رصد می‌شوند و در فصل تابستان بیش‌ترین ارتفاع را در آسمان دارند. اگر در نیم‌کره‌ی جنوبی هستید، در یک شب بدون مهتاب، به افق جنوبی نگاه کنید؛ دو ابر مانند دو تکه‌ی جدا شده از راه شیری، در آسمان مشخص هستند. با دوربین‌های دوچشمی، سحابی رتیل و خوشه‌های پرنور آن‌ها نیز دیده می‌شود.

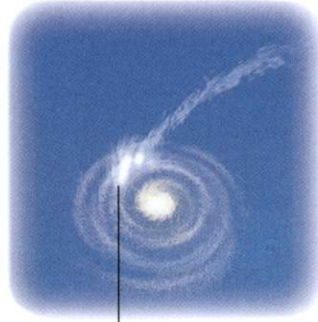


تحوّل ابرها

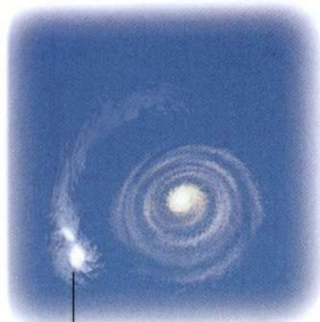
ابرهای ماژلان هر ۱/۵ میلیارد سال یک‌بار دور راه شیری می‌گردند و در هر بار نزدیک شدن به راه شیری، گرانش این راه گاز و ستاره‌های آن‌ها را پراکنده می‌کند. در نتیجه، این دو ابر به‌طور مداوم در حال تغییر و تحول‌اند. ابر کوچک ماژلان تقریباً تکه‌تکه شده است و ستاره‌های آن سرانجام به راه شیری خواهند پیوست. ابر بزرگ ماژلان نیز آینده‌ی مشابهی دارد.



۵۰۰ میلیون سال پیش: ابرها از دورترین مکان مدار خود، ۴۰۰ هزار سال نوری دورتر، به سمت راه شیری آمدند.



۲۵۰ میلیون سال پیش: هنگامی که ابرها از فاصله‌ی ۱۵۰ هزار سال نوری راه شیری می‌گذشتند، گاز و بخشی از ستاره‌های آن‌ها جدا شدند.



امروز: ابرها دوباره دور می‌شوند و ردی از گاز در پشت خود بر جای می‌گذارند. ابر کوچک ماژلان نیز کم‌کم تکه‌تکه می‌شود.

تاریخچه‌ی ابرهای ماژلان

• مردم قبیله‌ی کارانگا در آفریقا، نام ابرها را «فراوانی» و «قحطی» گذاشتند. بومیان استرالیا تصور می‌کردند ابر بزرگ ماژلان، بخش جدا شده‌ای از نوار راه شیری است.



فردیناند ماژلان

• در کتاب صورالکواکب عبدالرحمن صوفی رازی منجم ایرانی، که هزار سال پیش می‌زیست، به ابر بزرگ ماژلان اشاره شده است.

• فردیناند ماژلان (۱۵۲۱-۱۴۸۰) اولین فرد اروپایی بود که طی سفر دریایی خود به دور دنیا، در سال‌های ۱۵۱۹ تا ۱۵۲۱، ابرها را ثبت کرد.

• در سال ۱۹۰۸، هنریتا لویت، ستاره‌های متغیر قیفاووسی را در ابر کوچک ماژلان کشف کرد و برای اولین بار، فاصله‌ی آن‌ها را به کمک قیفاووسی‌ها محاسبه کرد. روش او در سال‌های بعد اساس شناخت فاصله‌های کهکشانی شد.

• پرنورترین اَبَرنواختر در حدود ۴ قرن اخیر، در سال ۱۹۸۷ در ابر کوچک ماژلان مشاهده شد.

بیش‌تر بدانیم

اَبَرنواخترها ۲۰۴
راه شیری ۲۱۴
گروه محلی ۲۲۸
کهکشان‌ها ۲۳۰
کهکشان‌های برخوردی ۲۳۲

گروه محلی

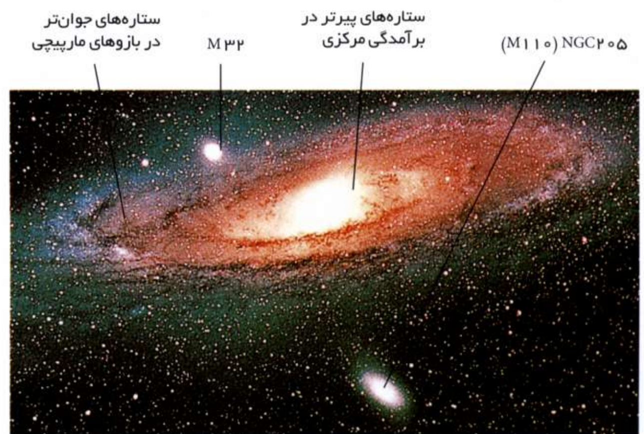
اثر گرانشی راه شیری از ابرهای ماژلان فراتر می‌رود و کهکشان‌های کوچک بسیاری را در فاصله‌های دورتر جذب می‌کند. خوشه‌ی کهکشان‌هایی که در اطراف راه شیری قرار دارند و نزدیک‌ترین آن‌ها کهکشان‌های مسلسله (آندرومدا) و مثلث هستند، گروه محلی نامیده می‌شوند. این گروه از حدود ۵۰ کهکشان تشکیل شده است که در ۵میلیون سال نوری از فضا پراکنده شده‌اند و بیش‌تر آن‌ها کوچک و کم‌نورند. گروه محلی نیز عضوی از ابرخوشه‌ی محلی، مجموعه‌ای از گروه‌های کهکشانی است که در مرکز آن‌ها خوشه‌ی بزرگ سنبله در فاصله‌ی حدود ۵۰میلیون سال نوری از ما قرار دارد.



بیضوی NGC ۲۰۵

کهکشان‌های بیضوی

بیش از نیمی از کهکشان‌های گروه محلی، مانند NGC۲۰۵ یکی از قمرهای مسلسله، بیضوی هستند. کهکشان‌های بیضوی، توپ‌های منظمی از ستاره‌های سرخ پیرند، که برخلاف کهکشان‌های نامنظم که توده‌های فراوان گاز دارند، گازی برای تولّد ستاره‌های جدید ندارند. کهکشان‌های کوتوله‌ی بیضوی، آن‌قدر کوچک و کم‌نورند که ستاره‌شناسان نمی‌توانند آن‌ها را در خوشه‌های کهکشانی دوردست ببینند.



کهکشان مسلسله (آندرومدا)

کهکشان مسلسله یا M۳۱، در فاصله‌ی ۲/۵میلیون سال نوری، معمولاً دورترین جرمی است که با چشم غیر مسلح دیده می‌شود. این کهکشان با ۴۰۰میلیارد ستاره، بزرگ‌ترین کهکشان گروه محلی و یکی از مارپیچی‌های بزرگ شناخته شده است (با ۱/۵ برابر پهنای راه شیری). مسلسله بسیار شبیه به کهکشان ماست؛ حتی مانند راه شیری، دو کهکشان اقماری نزدیک، M۳۲ و NGC۲۰۵، دارد. متأسفانه زاویه‌ی دید ما به مسلسله، از لبه است و به همین سبب، مشاهده‌ی ساختار مارپیچی آن کار ساده‌ای نیست.

همسایه‌های کهکشانی

کهکشان مسلسله و راه شیری پُرجرم‌ترین کهکشان‌های گروه محلی‌اند و گرانش زیاد آن‌ها، کهکشان‌های کوچکی را در اطرافشان جمع کرده است. کهکشان‌های دورتر نیز، با گرانش، دور هم جمع شده‌اند و گروه‌هایی تشکیل داده‌اند. کهکشان‌های بزرگی مثل کهکشان ما و مسلسله، در گروه محلی استثنا هستند. سایر کهکشان‌ها، کهکشان‌های کوتوله‌ی بیضوی یا کهکشان‌های کوتوله‌ی نامنظم‌اند.

کهکشان مسلسله با کهکشان مثلث از یک‌سو و کهکشان‌های اقماری M۳۲ و NGC۲۰۵ احاطه شده است. مسلسله ۸ کهکشان اقماری شناخته شده دارد.

NGC ۱۸۵

NGC ۱۴۷

گرانش، مسلسله و راه شیری را به سمت هم می‌کشاند. آن‌ها ۳میلیارد سال دیگر به هم می‌رسند. سرانجام ممکن است همه‌ی کهکشان‌های گروه محلی به هم بپیوندند و یک اَبَرکهکشان به‌وجود آورند.

مسلسله II

SaGDIG

NGC ۶۸۲۲

قوس

ابرهای ماژلان، کوتوله‌ی قوس و بسیاری کوتوله‌های بیضوی دیگر، از قمرهای کهکشان راه شیری هستند.

اسد اصغر

اژدها

سکستانت (سُدس)

اسد II

اسد I

کوره

حجار

ابر بزرگ ماژلان

ابر کوچک ماژلان

شاه تخته

کهکشان مثلث



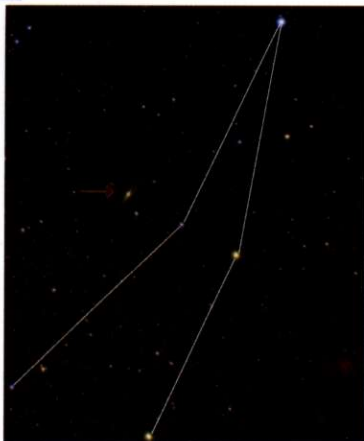
کهکشان مثلث

سومین کهکشان بزرگ راه شیری، کهکشان مثلث یا M۳۳، یک‌سوم ستاره‌های مسلسله را دارد و فقط نصف راه شیری است. مانند سایر اعضای بزرگ گروه محلی، مثلث نیز کهکشانی مارپیچی است. این کهکشان، سحابی‌های بزرگ و درخشان بسیاری دارد که یکی از آن‌ها، NGC۶۰۴، از بزرگ‌ترین مکان‌های شناخته شده‌ی تولّد ستاره‌هاست.



کهکشان‌های نامنظم

بسیاری از کهکشان‌های گروه محلی، مانند مارپیچی‌ها، کوچک و نامنظم‌اند. آن‌ها گاز و غبار بسیاری دارند که ستاره‌ها از آن‌ها متولّد می‌شوند؛ اما هیچ ساختار و شکل مشخصی ندارند. NGC۶۸۲۲ (کهکشان کوتوله‌ی بارنارد) و کهکشان مسلسله، کهکشان‌هایی بودند که در سال ۱۹۲۳، فاصله‌ی آن‌ها به کمک متغیرهای قیفاووسی اندازه‌گیری و هویت فراکهکشانی آن‌ها مشخص شد. فاصله‌ی محاسبه شده نشان می‌داد کهکشان‌هایی در ورای کهکشان ما وجود دارند و بسیاری از سحابی‌هایی که در آسمان دیده می‌شوند، شاید کهکشان‌هایی مستقل باشند.


صورت فلکی مسلسله

رصد کهکشان مسلسله

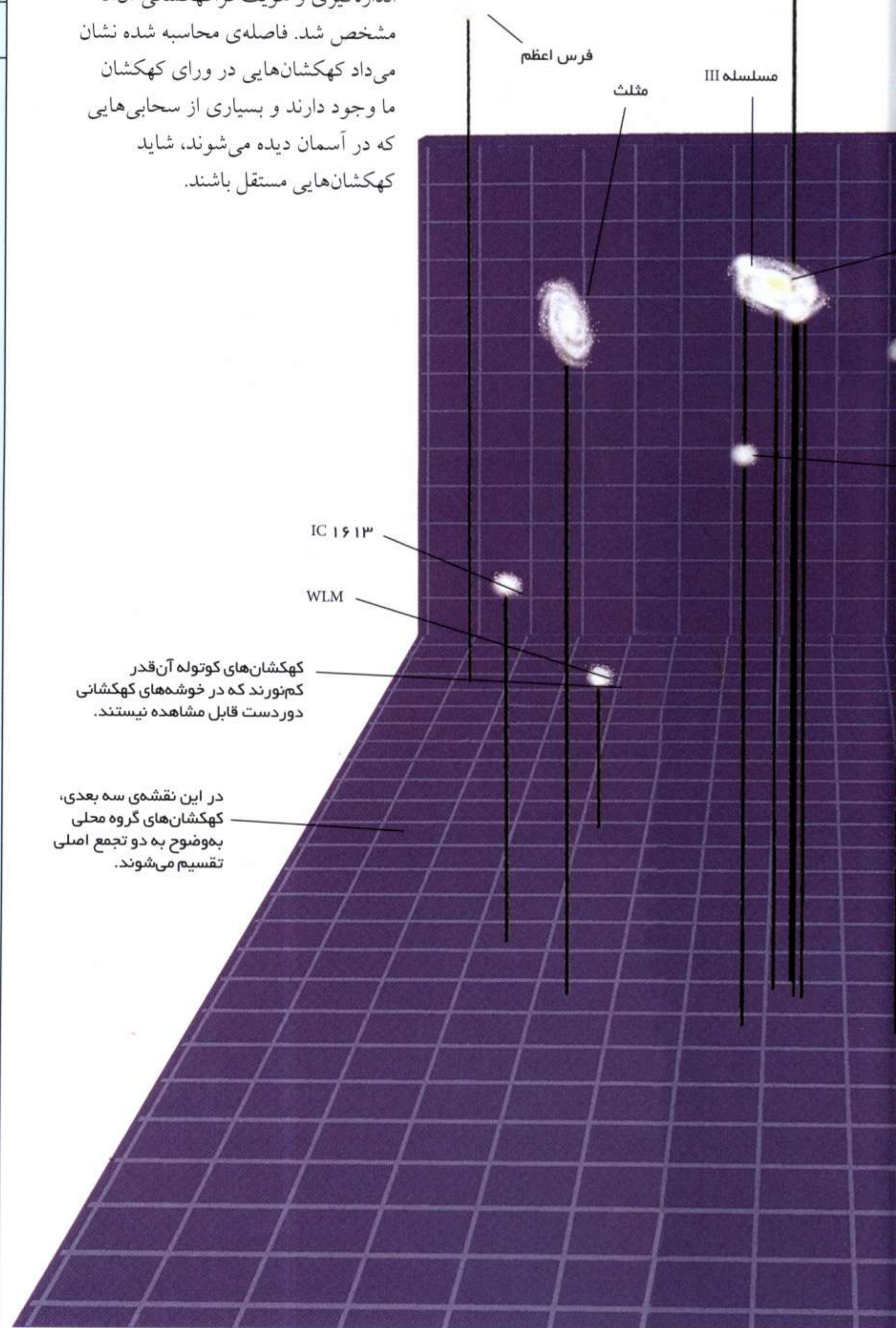
کهکشان مسلسله یا آندرومدا در شب‌های تابستان و پاییز در آسمان نیم‌کره‌ی شمالی به‌خوبی دیده می‌شود؛ مانند این تصویر که در آسمان کوهستانی ایران گرفته شده است. به افق جنوبی نگاه کنید تا مربع بزرگ صورت فلکی اسب بال‌دار (فرس اعظم) را ببینید. در بالا، سمت چپ مربع، دنباله‌ای از ستاره‌هاست. سومین ستاره را بیابید؛ کمی بالاتر از آن، کهکشان مسلسله در زیر آسمانی تاریک، به شکل توده‌ای محو بزرگ‌تر از ماه کامل، با چشم غیر مسلح دیده می‌شود.

مهم‌ترین کهکشان‌های گروه محلی

نام	فاصله (سال نوری)	قطر (سال نوری)	درخشندگی (میلیون‌خورشید)	نوع
راه شیری	۰	۱۰۰,۰۰۰	۱۴,۰۰۰	مارپیچی
کوتوله‌ی قوس	۷۸,۰۰۰	۱۵,۰۰۰	۳۰	بیضوی
ابر بزرگ ماژلان	۱۶۰,۰۰۰	۳۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	نامنظم
ابر کوچک ماژلان	۱۹۰,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۲۵۰	نامنظم
کوتوله‌ی دب‌اکبر	۲۲۵,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰/۳	بیضوی
کوتوله‌ی اژدها	۲۴۸,۰۰۰	۵۰۰	۰/۳	بیضوی
کوتوله‌ی حجار	۲۵۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱/۵	بیضوی
کوتوله‌ی شاه‌تخته	۲۸۰,۰۰۰	۵۰۰	۰/۴	بیضوی
کوتوله‌ی سکستانت	۲۹۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰/۸	بیضوی
کوتوله‌ی کوره	۴۳۰,۰۰۰	۳,۰۰۰	۲۰	بیضوی
کوتوله‌ی اسد II	۷۵۰,۰۰۰	۵۰۰	۱	بیضوی
کوتوله‌ی اسد I	۸۸۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۱۰	بیضوی
کوتوله‌ی ققنوس	۱,۲۷۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰/۸	نامنظم
NGC۶۸۲۲	۱,۷۵۰,۰۰۰	۸,۰۰۰	۳۰۰	نامنظم
کوتوله‌ی مسلسله II	۱,۹۱۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۵	بیضوی
NGC ۱۴۷	۱,۹۲۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۸۰	بیضوی
NGC ۱۸۵	۲,۰۰۰,۰۰۰	۶,۰۰۰	۱۱۰	بیضوی
مسلسله (آندرومدا)	۲,۵۰۰,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰	۴۰,۰۰۰	مارپیچی
M۳۲	۲,۵۰۰,۰۰۰	۵,۰۰۰	۳۰۰	بیضوی
NGC۲۰۵	۲,۵۰۰,۰۰۰	۱۰,۰۰۰	۲۵۰	بیضوی
مثلث (M۳۳)	۲,۵۰۰,۰۰۰	۴۰,۰۰۰	۴,۰۰۰	مارپیچی
IC ۱۶۱۳	۲,۵۰۰,۰۰۰	۱۲,۰۰۰	۸۰	نامنظم
LGS ۳	۲,۵۰۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰/۶	نامنظم
کوتوله‌ی مسلسله I	۲,۵۷۰,۰۰۰	۲,۰۰۰	۵	بیضوی
کوتوله‌ی مسلسله III	۲,۵۷۰,۰۰۰	۳,۰۰۰	۱	بیضوی
EGB ۰۴۲۷+۶۳	۲,۶۰۰,۰۰۰	۱,۰۰۰	۰/۸	بیضوی
کوتوله‌ی توکان	۲,۹۰۰,۰۰۰	۵۰۰	۰/۶	بیضوی
WLM	۳,۰۰۰,۰۰۰	۷,۰۰۰	۳۰	نامنظم
SagDIG	۳,۷۰۰,۰۰۰	۵,۰۰۰	۲	نامنظم
IC ۱۰	۴,۰۰۰,۰۰۰	۶,۰۰۰	۱,۰۰۰	نامنظم
کوتوله‌ی اسب بال‌دار	۵,۸۰۰,۰۰۰	۷,۰۰۰	۵۰	نامنظم

بیش‌تر بدانیم

راه شیری ۲۱۴، ابرهای ماژلان ۲۲۶، کهکشان‌ها ۲۳۰
کهکشان‌های برخوردی ۲۳۲، خوشه‌های کهکشانی ۲۳۴، مقیاس کیهان ۲۳۸



منطقه مرکزی گروه محلی

کهکشان‌ها

کهکشان‌ها، مانند جزیره‌هایی در کیهان ما، مجموعه‌هایی از ستاره‌ها، گاز و غبارند. به هر کجای آسمان که با دقت بنگریم، بی‌شمار از این شهرهای کیهانی می‌بینم که از کمتر از چند میلیون تا چند تریلیون ستاره را دربرگرفته‌اند و از ده‌ها تا صدهزار سال نوری پهنا دارند. برخی از آن‌ها جرم‌های بیضوی ساده‌ای با ستاره‌های پیرند؛ در حالی که برخی دیگر، مانند کهکشان ما، مارپیچی‌های چرخان با بازوهایی هستند که خانه‌ی ستاره‌های جوان و گازهای درخشان است. همه‌ی کهکشان‌ها بر اثر گرانش خود شکل گرفته‌اند؛ اما اخترشناسان هنوز به‌طور دقیق نمی‌دانند چرا به این شکل‌اند.


مالین ۱، در فاصله‌ی ۸۰۰میلیون سال نوری از ما، یکی از بزرگ‌ترین کهکشان‌های کیهان است. اخترشناسان در این کهکشان، ساختاری مارپیچی یافته‌اند. قطر این مارپیچی عظیم بیش از ۶ برابر راه شیری است.

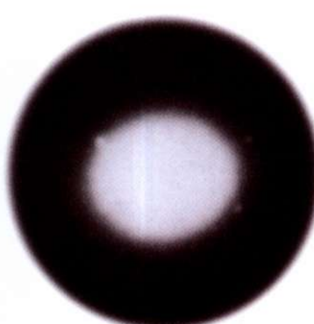
بزرگ‌ترین کهکشان‌ها

اخترشناسان گونه‌ی جدیدی از کهکشان‌ها را کشف کرده‌اند که به سبب درخشندگی کم، تاکنون دیده نشده بودند. این کهکشان‌های کم‌فروغ، ستاره‌های کمی دارند؛ اما پُر از گازند. برخی از آن‌ها چند برابر راه شیری هستند.

دسته‌بندی کهکشان‌ها

کهکشان‌ها از نظر اندازه، جرم و درخشندگی تفاوت‌های بسیار دارند؛ اما اخترشناسان آن‌ها را به چند دسته‌ی اصلی تقسیم می‌کنند. سه گروه اصلی، بیضوی، مارپیچی و مارپیچی ـ میله‌ای است. گروه‌های اصلی خود زیرگروه‌هایی پیدا می‌کنند. کهکشان‌های دیگر نامنظم هستند و هیچ ساختار مشخصی ندارند. ممکن است انواع متفاوتی از کهکشان‌ها شکل بگیرد که به سرعت چرخش پیش‌کهکشان و شکل‌گیری ستاره‌ها بستگی دارد. کهکشان‌های مارپیچی تقریباً اندازه‌های یکسانی دارند؛ اما امکان دارد بیضوی‌ها بزرگ‌ترین یا کوچک‌ترین کهکشان‌ها باشند.


کهکشان NGC ۳۳۷۹
نوع: E۰


کهکشان M ۳۲
نوع: E۲


کهکشان M ۵۹
نوع: E۵

کهکشان‌های عدسی‌گون (نوع SO) گروهی از کهکشان‌ها بین مارپیچی‌ها و بیضوی‌ها هستند. عدسی‌گون‌ها، برآمدگی مرکزی با ستاره‌های پیر و صفحه‌ای از ستارگان جوان دارد، امّا بازوی مارپیچی وجود ندارد.

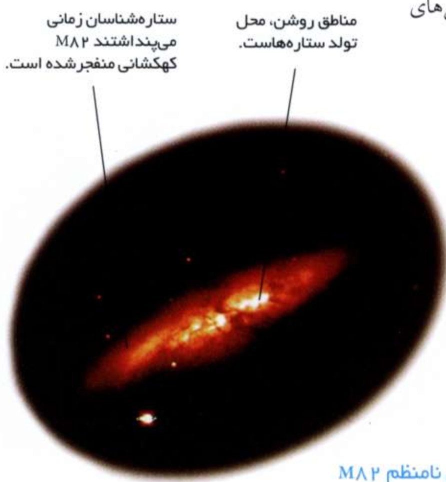
بیضوی‌ها

بیش از نیمی از کهکشان‌های کیهان، توپ‌هایی از ستاره‌های پیر، بدون هیچ بازوی مارپیچی یا قرص مشخصی هستند. بیضوی‌ها گاز و غبار بسیار کمی دارند و تقریباً ستاره‌ای در آن‌ها متولّد نمی‌شود. جرم آن‌ها بسیار گوناگون است. برخی از کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین کهکشان‌ها، بیضوی‌اند. بیضوی‌ها با حرف E، که در مقابل آن عددی قرار می‌گیرد، دسته‌بندی می‌شوند. ظاهر کهکشان‌های E۰ بسیار نزدیک به دایره است و کهکشان‌های E۷ بیضی‌های کشیده‌اند.

نام	صورت فلکی	نوع	فاصله (میلیون سال نوری)
برخی کهکشان‌های گوناگون			
M۱۰۵	اسد	E۰	۳۸
M۳۲	مسلسله	E۲	۲/۵
M۵۹	سنبله	E۵	۵۰
کلاه مکزیکی	سنبله	Sa	۵۰
NGC۲۸۴۱	دب اکبر	Sb	۳۳
مسلسله (M۳۱)	مسلسله	Sb	۲/۵
فرفره (M۱۰۱)	دب اکبر	Sc	۲۰
مثلث (M۳۳)	مثلث	Sc	۲/۵
گرداب (M۵۱)	تازی‌ها	Sc	۲۰
NGC ۲۸۵۹	اسد اصغر	SBa	۷۲
NGC ۵۸۵۰	سنبله	SBb	۱۰۰
NGC ۷۴۷۹	اسب بالدار	SBb	۱۱۰
M۸۲	دب اکبر	Irr	۱۲
ابر بزرگ ماژلان	ماهی طلایی	Irr	۰/۱۶

نامنظم‌ها

برخی از کهکشان‌ها در دسته‌ی بیضوی‌ها، مارپیچی‌ها یا مارپیچی ـ میله‌ای‌ها قرار نمی‌گیرند. کهکشان‌های نامنظم (Irr)، هیچ شکل مشخصی ندارند و حاوی گاز و غبار زیادی هستند. ابرهای ماژلان، دو کهکشان اقماری راه شیری، از این دسته‌اند. کهکشان M۸۲، که فوران‌های عظیم شکل‌گیری ستاره‌ای دارد نیز، کهکشانی نامنظم است.



کهکشان نامنظم M۸۲

مارپیچی‌ها

کهکشان‌هایی مانند راه شیری، شکل مارپیچی، مانند چرخ گاری یا فرفره دارند. در این کهکشان‌ها، مرکز بیضوی شامل ستاره‌های پیر با قرص تختی از ستاره‌هاست که دو یا چند بازو را تشکیل می‌دهند. بازوها محل ستاره‌های جوان و سحابی و گاز و غبارهای درخشان‌اند. مارپیچی‌ها با حرف S، که به دنبال آن حرف کوچکی مانند a، b، c یا d می‌آید، دسته‌بندی می‌شوند. کهکشان‌های Sa مرکزی بزرگ و بازوهایی فشرده و کوچک دارند. کهکشان‌های Sd مرکزی کوچک و بازوهایی پراکنده دارند. حدود یک سوم کهکشان‌ها مارپیچی یا مارپیچی ـ میله‌ای هستند.

کهکشان M۱۰۱: نوع Sc

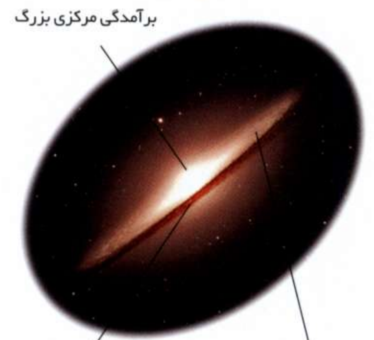




کهکشان‌های Sb و Sc، مارپیچی‌های کم تراکم‌تر با برآمدگی مرکزی کوچک‌تر هستند.

کهکشان NGC ۲۸۴۱: نوع Sb

کهکشان M۱۰۴: نوع Sa



برآمدگی مرکزی بزرگ

صفحه تیره غبار در نمایی از کنار مارپیچی

بازوهای مارپیچی فشرده

بازوهای مارپیچی

بازوها جرم‌های صلب و سختی نیستند؛ زیرا اگر بودند، طی چند چرخش به مرکز کهکشان فرومی‌ریختند. اخترشناسان می‌پندارند کهکشان در حال چرخش، امواج ضربه‌ی نامرئی به نام امواج چگالی به‌وجود می‌آورد که ستاره‌ها و گازی که در مدار دایره‌ای خود به این امواج می‌رسند، سرعت‌شان کم می‌شود و مسبب نوعی ترافیک کهکشانی می‌شوند. گازهای فشرده شده، بر خود می‌رُمبند و ستاره‌های پُرجرم، داغ و کم‌عمری به‌وجود می‌آورند که موجب درخشش بازوها می‌شوند. به این ترتیب، محتوای بازوها با عبور ستاره‌ها و گاز و غبار از میان آن‌ها مدام تغییر می‌کند. اما خود بازوها همواره باقی می‌مانند.

سرعت ستاره‌ها هنگام عبور از امواج چگالی کم می‌شود.

امواج چگالی مارپیچی

ستاره‌ها در گردش به دور مرکز کهکشان

امواج چگالی می‌گردند.

مکان جدید تجمع



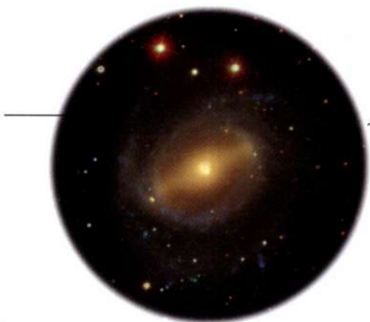
برآمدگی مرکزی بزرگ

میله ستاره‌ای

کهکشان NGC ۴۶۵۰: نوع SBa

مارپیچی ـ میله‌ای‌ها

گونه‌ی خاصی از کهکشان‌های مارپیچی، جداگانه دسته‌بندی می‌شوند؛ در این دسته، میله‌ای از مرکز کهکشان، از هر دو طرف، خارج می‌شود. میله جرم صلبی نیست و از ستاره‌های در حال حرکت تشکیل شده است. به‌علاوه، ممکن است تجمع موقتی از ستاره‌ها باشد، نه بخشی دائمی از کهکشان. مارپیچی میله‌ای‌ها با حروف SB، که به دنبال آن‌ها حروف کوچک a، b، c یا d می‌آید، مشخص می‌شوند و مانند مارپیچی‌های عادی فشردگی بازوها و اندازه‌ی هسته را مشخص می‌کنند. راه شیری نیز کهکشانی مارپیچی میله‌ای است.



کهکشان‌های SBb و SBc بازوهای کم تراکم و برآمدگی مرکزی کوچکی دارند.

کهکشان NGC ۵۸۵۰: نوع SBb

کهکشان NGC ۷۴۷۹: نوع SBc



مارپیچی از لبه

کهکشان‌های مارپیچی، صفحه‌های تختی هستند. وقتی یکی از آن‌ها را از لبه نگاه می‌کنیم، به نوار راه شیری ظریف و کوچکی می‌مانند که یک برآمدگی مرکزی در خط قرص کهکشان آن دیده می‌شود. در NGC۸۹۱، خط تیره‌ای از غبار در میان انبوه روشن ستاره‌های صفحه دیده می‌شود.

تاریخچه‌ی کهکشان

• عبدالرحمان صوفی، منجم ایرانی، «سحابی مسلسله» را در سال ۹۶۴ میلادی رصد کرد که امروز آن‌را به نام کهکشان مسلسله یا آندرومدا می‌شناسیم. او در کتاب راهنمای آسمان، به سحابی‌ای اشاره کرده است که امروز به نام ابر بزرگ ماژلان می‌شناسیم.

• در سال ۱۷۵۵، امانوئل کانت، فیلسوف آلمانی (۱۸۰۴-۱۷۲۴) سحابی‌ها را جزیره‌های کیهانی دوردستی از ستاره‌ها دانست.

• در سال ۱۸۰۲، ویلیام هرشل رصد و بررسی ۲۵۰۰ سحابی را به‌پایان رساند. بسیاری از آن‌ها کهکشان‌هایی در ورای راه شیری بودند. اما اخترشناسان هنوز در آن زمان به ماهیت این جرم‌ها پی نبرده بودند.

کهکشان مارپیچی ـ طرحی از راس



• در سال ۱۸۴۵، ویلیام پارسون ایرلندی، معروف به لرد راس، با تلسکوپ غول‌پیکر خود در برخی سحابی‌ها ساختار مارپیچی مشاهده کرد.

• در سال ۱۹۲۴، ادوین هابل ثابت کرد که بسیاری از این سحابی‌ها در ورای راه شیری قرار گرفته‌اند و خود، کهکشان‌هایی مستقل‌اند. او طرحی برای دسته‌بندی کهکشان‌ها ارائه کرد.

بیش‌تر بدانیم

راه شیری ۲۱۴، ابرهای ماژلان ۲۲۶
گروه محلی ۲۲۸
کهکشان‌های برخوردی ۲۳۲
شکل‌گیری کهکشان‌ها ۲۴۸

کهکشان‌های برخوردی

این بزرگ‌ترین و دیدنی‌ترین برخورد است: دو کهکشان پُرسرعت، هریک با صدها میلیارد ستاره، با سرعت یک میلیون کیلومتر بر ساعت، طی میلیون‌ها سال به مرور با هم ادغام می‌شوند. ابرهای گاز کهکشان‌ها، مانند شعله‌های آتش، با هم برخورد می‌کنند و ستاره‌های داغ جدید فراوانی بر جای می‌گذارند. یکی از نشانه‌های برخوردی قدیمی، که مؤلفه‌های آن‌ها از هم دور شده‌اند، فوران ناگهانی شکل‌گیری ستاره‌ها در کهکشانی به ظاهر عادی است. برخی از کهکشان‌های برخوردی با هم ادغام می‌شوند تا کهکشانی بزرگ‌تر به‌وجود آورند. بر اساس یکی از نظریه‌های پیش‌رو، سرانجام بیش‌تر کهکشان‌ها با همسایگان خود ادغام می‌شوند و کیهان به تعداد کمتری از کهکشان‌های بزرگ‌تر تبدیل می‌شود.

ستارگان در کهکشان برخوردی آنتن تا یک میلیون سال نوری کشیده شده‌اند.

NGC ۴۰۳۹

NGC ۴۰۳۸

تصویر هابل از آنتن

نمای باز از کهکشان‌های آنتن

تلسکوپ فضایی هابل این تصویر نزدیک را از کهکشان‌های آنتن تهیه کرده است. در این تصویر، آشوب مرکز به شکل گازهای عظیمی که با هم ادغام می‌شوند، نشان داده شده است.

هر دو کهکشان پیش از برخورد مارپیچی‌های عادی بودند.

گاز و غبار بازوهای مارپیچی به درون هسته‌ها فروریخته و موجب شده است ستاره‌های این‌جا سرخ‌تر دیده شوند.

کهکشان چرخ‌ارابه‌ای

کهکشان چرخ‌ارابه‌ای، که زمانی مانند کهکشان ما بود، نمونه‌ی خوبی از نتیجه‌ی برخورد مستقیم دو کهکشان است. حدود ۳۰۰میلیون سال پیش، کهکشان کوچکی به سمت مرکز آن هجوم برد. برخورد، موجب شکل‌گیری تعداد زیادی ستاره‌ی جدید شد که حلقه‌ای از ستاره‌های جوان آبی‌رنگ در اطراف کهکشان به‌وجود آورد.



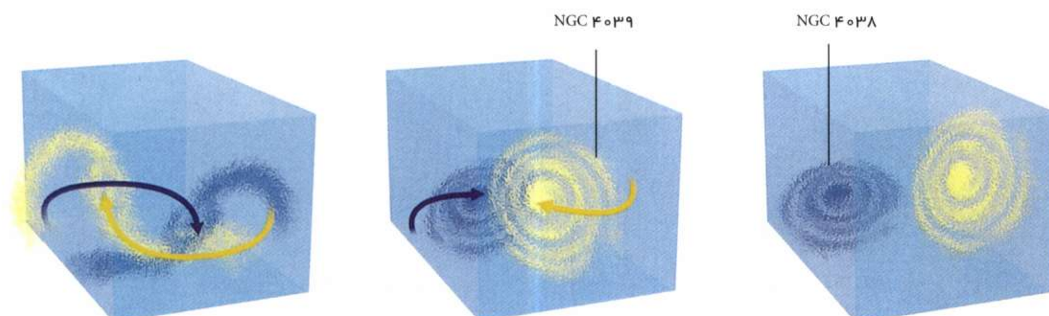
حلقه به سادگی تمام راه شیری را دربرمی‌گیرد.

غبار، منطقه‌ی مرکزی را فراگرفته و خوشه‌های عظیم ستاره‌ای را پنهان کرده است.

گاز و غبار، با فشار مرکز، به شکل موج به بیرون پخش شده‌اند و ستاره‌های جدیدی شکل داده‌اند.

برخورد دو کهکشان بسیار پیچیده‌تر از برخورد دو توپ بیلیارد با هم است. کهکشان توده‌ای از گاز و ستاره‌های جدا از هم است. هنگام برخورد، آن‌ها مانند دو روح از میان هم عبور می‌کنند. فاصله‌ی بین ستاره‌ها چنان است که به هم نمی‌خورند؛ اما هنگام برخورد هر کهکشان تمایل دارد با نیروی گرانش، جرم‌های دیگری را به سمت خود بکشد. در مرکز، در حالتی که در لبه‌ها، ستاره‌ها به فضا پرتاب و بازوهای مارپیچی کشیده و آشفته می‌شوند، ابرهای گاز با هم برخورد می‌کنند. در کهکشان‌های برخوردی NGC۴۰۳۸ و NGC۴۰۳۹، معروف به کهکشان‌های آنتن، ردی از ستاره‌ها، منحنی‌وار، در پشت دو کهکشان کشیده شده که یادآور شاخک‌های حشره است.

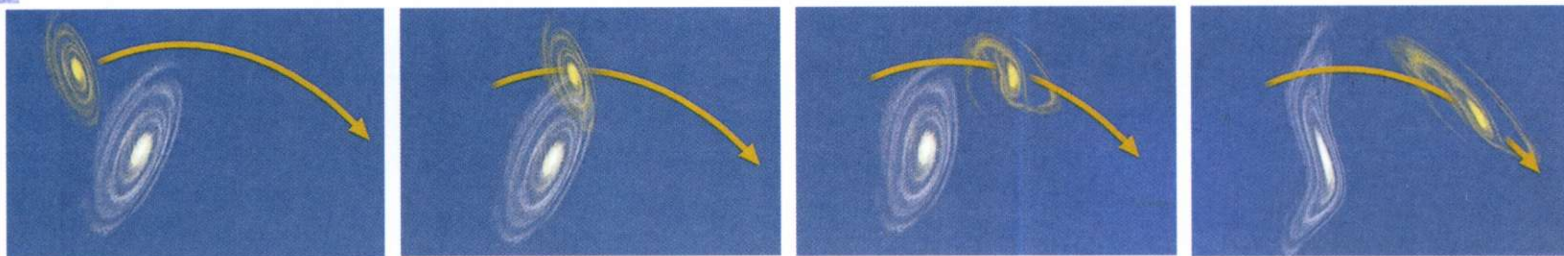
برخورد نزدیک این شبیه‌سازی نشان می‌دهد جفت کهکشان آنتن چگونه شکل گرفته است. رایانه آن‌قدر قوی نبود که شبیه‌سازی را برای تمام میلیاردها ستاره‌ی دو کهکشان انجام دهد؛ به همین سبب در شبیه‌سازی، هر کهکشان فقط ۳۵۰ ستاره دارد که دور مرکز پُرجرمی می‌گردند. با نزدیک شدن دو کهکشان و آغاز گردش آن‌ها دور هم، رایانه محاسبه کرده است که ستاره‌ها چگونه به کشش‌های پیچیده‌ی گرانشی دو کهکشان پاسخ می‌دهند.



۱ تا ۱/۲ میلیارد سال پیش، کهکشان‌های آنتن، دو کهکشان مارپیچی جداگانه بودند.

۲ ۹۰۰میلیون سال پیش، برخورد دو کهکشان آغاز شد.

۳ ۶۰۰میلیون سال پیش، که کهکشان‌ها شروع به گردش دور هم کردند، شکل و ساختارشان تغییر کرد.



امروز

۱۰۰ میلیون سال پیش

۲۰۰ میلیون سال پیش

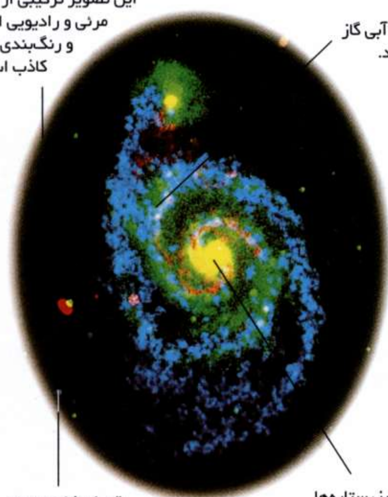
۳۰۰ میلیون سال پیش



آینده‌ی راه شیری: در ۳میلیارد سال آینده، کهکشان ما با کهکشان مسلسله برخورد خواهد کرد و احتمالاً مجموعه‌ای مانند آنتن خواهد ساخت.

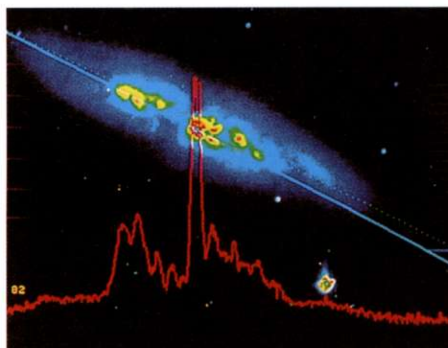
نبرد نابرابر

حدود ۳۰۰میلیون سال پیش، کهکشان گرداب از کنار کهکشانی کوچک‌تر عبور کرد. در این شبیه‌سازی رایانه‌ای، برخورد از کنار دیده می‌شود. در حالی که گوشه‌ای از قرص کهکشان کوچک‌تر به کهکشان بزرگ کشیده می‌شود، کهکشان گرداب تقریباً بدون آسیب دور می‌شود. در این برخورد، کهکشان گرداب ستاره‌های کهکشان کوچک‌تر را جدا می‌کند و پلی از آن‌ها بین دو کهکشان شکل می‌دهد و کهکشان کوچک‌تر کاملاً تغییر شکل می‌دهد و از هم می‌پاشد.



کهکشان گرداب

در تصاویر تلسکوپ‌های امروزی، در کنار کهکشان گرداب، کهکشان کوچک دیگری نیز دیده می‌شود. این کهکشان صدها میلیون سال پیش با گرداب برخورد کرده و اکنون در کنار آن است. گرانش کهکشان کوچک، گاز و ستاره‌های بخشی از گرداب را به سمت خود کشیده و ساختار مارپیچی غیرعادی بارزی برای آن ساخته که سبب نامیدن آن به گرداب شده است.



کهکشان ستاره فوران

کهکشان‌های ستاره فوران، معمولاً از پیش‌آمدهای پس از برخوردند که ابرهای گاز کهکشانی با هم ادغام می‌شوند و به طور ناگهانی شروع به ستاره‌سازی می‌کنند. کهکشان‌های ستاره‌فوران، که در سال ۱۹۸۳ ماهواره‌ی نجومی فروسرخ (IRAS) آن‌ها را کشف کرد، مملو از ستاره‌های داغ جوان‌اند که در این تصویر فروسرخ از M۸۲ (کهکشانی در دب اکبر) به شکل نقاط سرخ رنگ ثبت شده‌اند. نمودار، شدت انرژی تابش شده از مناطق گوناگون کهکشان را نشان می‌دهد.

ستاره‌های NGC ۴۰۳۹

ستاره‌های NGC ۴۰۳۸

اکنون هسته‌های کهکشانی در مداری به دور یک‌دیگر قفل شده‌اند.

بازوهای مارپیچی به اطراف کشیده می‌شوند.

۴ در طی ۳۰۰میلیون سال، ستاره‌هایی که بازوهای مارپیچی را شکل داده بودند، از هر دو کهکشان جدا شدند.

۵ امروز، دو نوار از ستاره‌های پرتاب شده، در دو طرف کهکشان‌های اصلی کشیده شده است.

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی فروسرخ ۲۸
اخترشناسی رادیویی ۳۰
جایی که ستاره‌ها متولد می‌شوند ۱۹۲
ابرهای ماژلان ۲۲۶، کهکشان‌ها ۲۳۰
خوشه‌های کهکشانی ۲۳۴
شکل‌گیری کهکشان‌ها ۲۴۸

خوشه‌های کهکشانی

کهکشان‌ها جرم‌های منزوی و تنهایی نیستند. آن‌ها به سبب گرانش در گروه‌هایی دور هم جمع می‌شوند؛ گروه‌هایی از جفت‌های کهکشانی تا خوشه‌هایی شامل هزاران کهکشان. برخی از خوشه‌ها شکل منظمی دارند، تقریباً کروی‌اند و بیش‌تر از کهکشان‌های بیضوی تشکیل شده‌اند. سایر آن‌ها، خوشه‌های نامنظمی هستند که کهکشان‌های مارپیچی بیش‌تری دارند. برخی اخترشناسان عقیده دارند خوشه‌ها در اثر ادغام، گسترش می‌یابند و خوشه‌های نامنظم، آن‌هایی هستند که ادغام آن‌ها به تازگی رخ داده است. گاز داغ کهکشان‌ها در ملاقات‌هایی نزدیک میان‌کهکشانی، در مرکز خوشه جمع می‌شود و پرتو ایکس تابش می‌کند که در زمین قابل دریافت است و ساختار خوشه را به‌خوبی نشان می‌دهد. خوشه‌ها نیز در مجموعه‌های بزرگ‌تری به نام اَبَرخوشه‌ها جمع می‌شوند که بزرگ‌ترین ساختار متداول کیهانی است.

NGC ۴۴۰۲ نوع Sb

کهکشان‌های بیضوی و نامنظم کوچک بسیار فراوان، اما کم‌نورند و دیدن آن‌ها در خوشه‌های دوردست دشوار است.

M۸۶ نوع E۳

M۸۴ نوع E۱

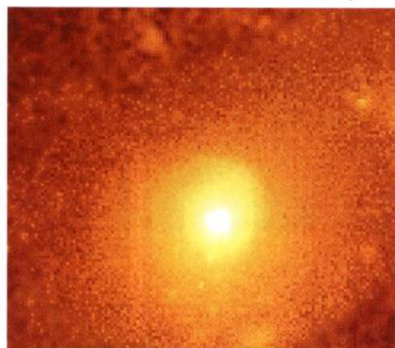
NGC ۴۳۸۸ نوع Sb

NGC ۴۴۱۳ نوع SBb

خوشه‌ی سنبله

کهکشان ما یا راه شیری، عضو خوشه‌ی کوچکی با حدود ۵۰ کهکشان است که بیش‌تر آن‌ها کوچک و کم‌نورند. نام این خوشه، گروه محلی است. نزدیک‌ترین خوشه‌ی بزرگ به ما، خوشه‌ی سنبله است که در فاصله‌ی ۵۰میلیون سال نوری، در امتداد صورت فلکی سنبله قرار دارد. سنبله، خوشه‌ای نامنظم با بیش از ۲هزار کهکشان است. ویلیام و کارولین هرشل، حدود دو قرن پیش در دهه‌های ۱۷۸۰ و ۱۷۹۰، در این بخش آسمان ۳۰ «سحابی» ثبت کردند. در آن زمان، آنان نمی‌دانستند به کهکشان‌هایی در ورای راه شیری می‌نگرند. با آن‌که در این خوشه ۳ کهکشان بیضوی غول‌پیکر وجود دارد، بیش‌تر اعضای پرنور سنبله، مارپیچی‌اند.

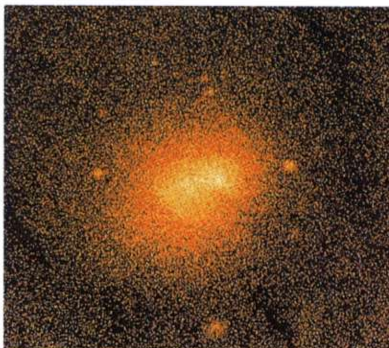
تصویر پرتو X از مرکز ایبل ۲۲۵۶



گاز داغ درون خوشه‌ها

رصدهای پرتو ایکس ماهواره‌ها نشان می‌دهد خوشه‌های کهکشانی پر از گاز داغ با دمای ده‌ها میلیون درجه‌ی سانتی‌گرادند. گاز از کهکشان‌ها می‌آید و مانند استخری در مرکز خوشه جمع می‌شود. این تصویر پرتو ایکس خوشه‌ی سنبله، ابری از گاز داغ را نشان می‌دهد که جرمی بیش از جرم همه‌ی کهکشان‌های خوشه دارد.

تصویر پرتو X از مرکز خوشه‌ی سنبله



تکامل خوشه

خوشه‌ها از جمع شدن گروه‌های کوچک‌تر کهکشان‌ها ساخته می‌شوند. تصویر پرتو ایکس گاز خوشه‌ی ایِبل ۲۲۵۶، نقطه‌ی روشنی را سمت راست مرکز نشان می‌دهد. این روشنایی گروه کهکشانی دیگری است که به سمت خوشه جذب می‌شود. در خوشه‌هایی که دیگر گروه‌های جدیدی به دام نمی‌اندازند، گاز به شکل منظم‌تری در خوشه پخش شده است.

خوشه‌های مهم کهکشانی

نام	فاصله (میلیون سال نوری)	اندازه (میلیون سال نوری)	دمای گاز (میلیون °C)
سنبله	۵۰	۱۱	۳۰
کوره	۷۰	۸	–
قنطورس	۱۴۰	۵	۴۵
خرچنگ	۲۱۰	۱۱	–
برساوش	۲۴۰	۱۷	۷۵
گیسو	۲۹۰	۲۰	۹۵
جاثی	۴۹۰	۱۵	۴۵
ایبل ۲۲۵۶	۷۶۰	۱۰	۸۵
اکلیل شمالی	۹۴۰	۸	۱۰۰
دو پیکر	۱۰۰۰	۹	–

منطقه مرکزی خوشه سنبله

NGC ۴۴۳۵
نوع E۴

NGC ۴۴۷۳
نوع E۴

NGC ۴۴۶۱
نوع Sa

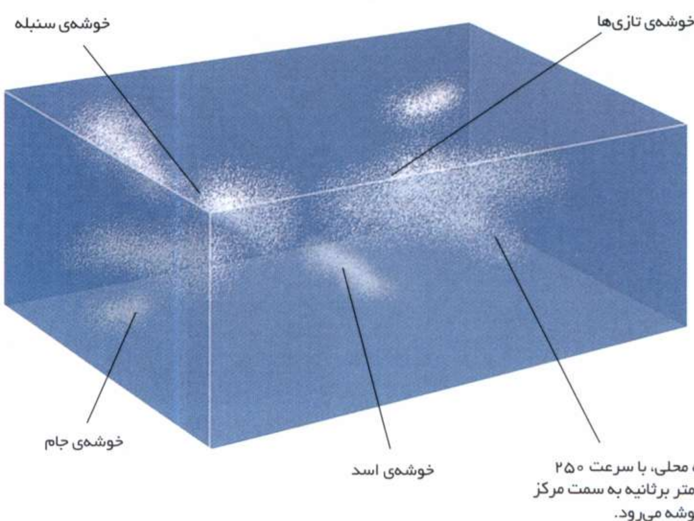
ARP ۱۲۰
نوع Sa

خوشه‌ی سنبله از کهکشان‌های مارپیچی شکل گرفته است. اما بسیاری از خوشه‌ها بیش‌تر از بیضوی‌ها تشکیل شده‌اند.

NGC ۴۴۲۵
نوع Sb

ابرخوشه‌ی محلی

همان‌گونه که مجموع کهکشان‌ها خوشه‌ها را می‌سازند، خوشه‌ها نیز ابرخوشه‌ها را می‌سازند. ممکن است یک ابرخوشه، چند خوشه را در فضایی بیش از ۱۰۰میلیون سال نوری دربربگیرد. ابرخوشه‌ها شکل‌های پیچیده‌ای دارند؛ برخی رشته‌هایی از کهکشان‌ها دارند و برخی تخت‌اند. گروه محلی ما یکی از اعضای ابرخوشه‌ی محلی است که خوشه‌ی سنبله در مرکز آن است. این ابرخوشه از ۱۱ توده‌ی اصلی، در ساختاری تخت تشکیل شده که پهنایش ۱۰ بار بیش‌تر از ضخامت آن است.




کهکشان بیضوی غول‌پیکر M۸۷ در خوشه سنبله

کهکشان‌های بیضوی غول‌پیکر

بسیاری از خوشه‌ها، مانند کهکشان M۸۷ در قلب خوشه‌ی سنبله، کهکشان‌های عظیمی شاید با قطر ۵۰۰هزار سال نوری در مرکز خود دارند. این کهکشان‌های بیضوی غول‌پیکر ساختاری مانند بیضوی‌های عادی دارند. اما بسیار بزرگ‌ترند. آن‌ها معمولاً منابع قوی امواج رادیویی و ایکس هستند. هاله‌ای از ستاره‌های کم‌نور و خوشه‌های ستاره‌ای اطراف آن‌هاست و حداقل نیمی از آن‌ها بیش از دو هسته‌ی مرکزی دارند. کهکشان‌های بیضوی غول‌پیکر، با بلعیدن سایر کهکشان‌های خوشه، چنین بزرگ شده‌اند و هسته‌های متعددی به‌دست آورده‌اند.



خوشه کهکشانی گیسو

خوشه‌ی گیسو

نزدیک‌ترین خوشه‌ی چگال و منظم به راه شیری، در جهت صورت فلکی، گیسوان برنیکه است. خوشه‌ی گیسو بیش از ۳هزار کهکشان دارد و در فاصله‌ی حدود ۳۰۰میلیون سال نوری از ماست. بیش‌تر کهکشان‌های خوشه، بیضوی و عدسی‌گون هستند. برخلاف خوشه‌ی نامنظم و به‌هم‌ریخته‌ی سنبله، گیسو ساختاری فشرده دارد که با توده‌ی نسبتاً کروی از گازهای داغ احاطه شده است. این خوشه، دو دسته دارد که در مرکز هریک، کهکشان بیضوی غول‌پیکری قرار گرفته است. ممکن است خوشه‌ی گیسو، حاصل برخورد دو خوشه‌ی هم‌اندازه، مدت‌ها پیش از این باشد. خوشه‌ی گیسو، خود نیز در مرکز ابرخوشه‌ی گیسوست.

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی پرتو ایکس ۳۴
گروه محلی ۲۲۸، کهکشان‌ها ۲۳۰
کهکشان‌های برخوردی ۲۳۲
مقیاس کیهان ۲۳۸
شکل‌گیری کهکشان‌ها ۲۴۸

کهکشان‌های فعال

شمار کمی از کهکشان‌ها، با بقیه بسیار متفاوت‌اند. آن‌ها از منطقه‌ی کوچکی در مرکز خود، که چندان از منظومه‌ی شمسی بزرگ‌تر نیست، انرژی بسیار زیادی آزاد می‌کنند. چنین کهکشان‌هایی، از جمله اختروش‌ها، کهکشان‌های رادیویی، کهکشان‌های سیفرت و بلازارها، از یک خانواده‌اند. آن‌چه می‌بینیم، به فاصله‌ی کهکشان و زاویه‌ای بستگی دارد که کهکشان نسبت به خط دید ما دارد.

درون کهکشان فعال

کهکشان‌های فعال ساختار مشابه بسیاری دارند؛ اما فقط کهکشان‌های رادیویی همه‌ی این ساختارهای پیچیده را به نمایش می‌گذارند. از فاصله‌های دور، بارزترین ساختاری که مشاهده می‌شود، فوران‌های جت‌مانند ذرات است که از دو سوی کهکشان به بیرون پرتاب می‌شود و از میان ابرهای عظیم کهکشانی می‌گذرد و آن‌ها را گرم و برانگیخته می‌کند. نزدیک‌تر، در قلب کهکشان، حلقه‌ای از گاز و غبار داغ و درخشان وجود دارد که یک قرص برافزایشی است. در قلب آن، سیاه‌چاله‌ای ابر پُرجرم قرار دارد و چنان پرانرژی است که قرص داغ دور آن برابر یک تریلیون خورشید می‌درخشد.

فوران‌ها امواج رادیویی و گاهی امواج نور مرئی تابش می‌کنند.

حلقه‌ی غبار مرکزی

در مرکز کهکشان‌های فعال، منبعی بسیار پرانرژی وجود دارد که در حلقه‌ای از گاز و غبار پوشیده شده است. لبه‌های بیرونی حلقه تاریک است؛ اما لبه‌ی درونی، جایی که تابش‌های هسته را جذب می‌کند، می‌درخشد. فوران‌ها یا جت‌ها از دو طرف مرکز حلقه خارج می‌شوند.

لُب یا ناحیه‌ی عظیم گازی امواج رادیویی تابش می‌کند.

کهکشان

منطقه مرکزی

لبه‌ی درونی ابر گاز و غبار داغ است و با سرعت زیادی می‌چرخد.

هسته

انرژی هسته، درون حلقه را گرم می‌کند و موجب درخشش آن می‌شود.

سیاه‌چاله، گازهایی را که به درونش می‌ریزد، می‌بلعد.

لبه‌های بیرونی ابر گاز و غبار سرد و آرام هستند.

لُب‌های رادیویی

فوران‌های گاز داغ تا صدها هزار سال نوری از مرکز کهکشان خارج می‌شوند. زمانی که با ابرهای گاز میان‌کهکشانی برخورد می‌کنند، به ناحیه‌ها یا جفت لُب‌های عظیم با تابش رادیویی قوی تبدیل می‌شوند.

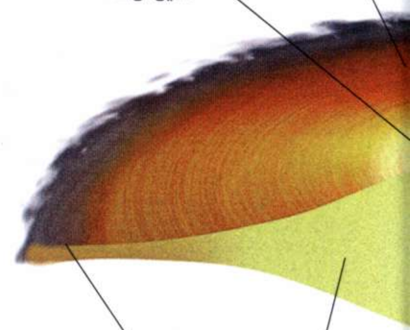
میدان مغناطیسی، ذرات باردار را اطراف سیاه‌چاله به حرکت درمی‌آورد. امکان دارد آن‌هایی که سرعت بسیار زیادی دارند، به صورت فوران‌های جت فرار کنند.

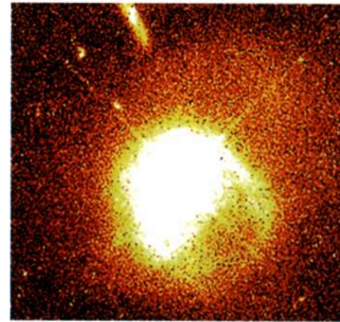
برخی کهکشان‌های فعال

نام	صورت فلکی	نوع	فاصله (میلیون سال نوری)
قنطورس A	قنطورس	رادیویی	۱۵
M۷۷	قیطس	سیفرت	۴۵
NGC ۱۵۶۶	اژدها	سیفرت	۵۰
M۸۷	سنبله	رادیویی	۵۰
NGC ۴۱۵۱	تازی‌ها	سیفرت	۶۵
دجاجه A	دجاجه	رادیویی	۷۴۰
BL ـ چلپاسه	چلپاسه	بلازار	۹۰۰
PKS ۲۳۴۹ ـ ۰۱	حوت	اختروش	۱۵۰۰
۳C ۲۷۳	سنبله	اختروش	۲۱۰۰
OJ ۲۸۷	خرچنگ	بلازار	۳۸۰۰
۳C ۴۸	مثلث	اختروش	۴۵۰۰
۳C ۲۷۹	سنبله	بلازار	۵۸۰۰
۳C ۳۶۸	مارافسای	رادیویی	۸۴۰۰

درون هسته

در قلب کهکشان فعال، سیاه‌چاله‌ی عظیمی، شاید با جرم یک میلیارد برابر خورشید، جای دارد. این‌جا منبع انرژی یا موتور کهکشان است؛ جایی که سوخت آن گاز میان‌ستاره‌ای است. زمانی که گاز به سمت سیاه‌چاله کشیده می‌شود، قرص برافزایشی چرخانی در اطراف آن شکل می‌گیرد. ذرات باردار الکتریکی، که از گاز داغ شده آزاد شده‌اند، در میدان مغناطیسی شدیدی گرفتار می‌شوند و از قطب‌ها فرار می‌کنند و فوران‌های جت را به‌وجود می‌آورند.





اختروش ۰۱ ـ ۲۳۴۹ PKS: تصویر تلسکوپ هابل از این اختروش، در فاصله‌ی ۱/۵ میلیارد سال نوری، کهکشان کم‌نوری را نشان می‌دهد که در مرکز آن موتور درخشان و پرنوری قرار دارد.

اختروش‌ها

اختروش‌ها از پرانرژی‌ترین جرم‌های کیهان‌اند؛ اما آن‌قدر دورند که مانند ستاره‌ای کم‌نور می‌درخشند. آن‌ها علاوه بر نور مرئی، تابش رادیویی، ایکس، فروسرخ نیز دارند و گاهی فوران‌های مرئی هم در آن‌ها دیده می‌شود. اختروش‌ها هسته‌های فعال و درخشان کهکشان‌های دور دست‌اند و حلقه‌ی غباری قرص برافزایشی سیاه‌چاله‌ی مرکزی آن‌ها در زاویه‌ای نسبت به ماست که اجازه می‌دهد بخشی از قرص بسیار درخشان برافزایشی دیده شود.



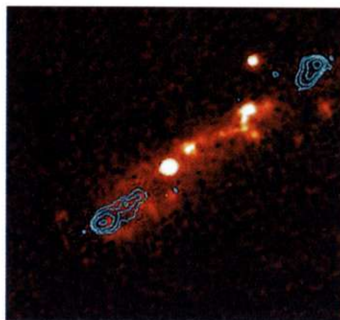


کهکشان سیفرت NGC ۱۵۶۶ در ۵۰میلیون سال نوری از ما، نمونه‌ی کم‌نور یک اختروش است (تصویر در نور فروسرخ با رنگ‌آمیزی کاذب).

کهکشان‌های سِیفِرت

به‌طور میانگین، از هر ۱۰ کهکشان مارپیچی بزرگ، یکی هسته‌ی بسیار پرنوری در مرکز خود دارد. این یک کهکشان سیفرت است که شاید نمونه‌ی کم‌انرژی‌تری از یک اختروش باشد و سیاه‌چاله‌ی کوچک‌تری نیز در مرکز خود داشته باشد. برخی اخترشناسان بر این باورند که امکان دارد همه‌ی مارپیچی‌های بزرگ، مثل راه شیری، در دوره‌ای از زندگی خود به سیفرت تبدیل شوند.





کهکشان رادیویی ۳C ۳۶۸: در این تصویر، خطوط آبی شدت تابش‌های رادیویی کهکشان را نشان می‌دهد.

کهکشان‌های رادیویی

کهکشان‌های رادیویی از بزرگ‌ترین جرم‌های کیهان‌اند. یک یا دو فوران جت از آن‌ها خارج شده که تا هزاران سال نوری از مرکز کشیده شده و نواری از گاز را به ابرهای عظیم تابانی در دو طرف کهکشان تبدیل کرده است. در کهکشان‌های رادیویی، حلقه‌ی غبار مرکزی از لبه دیده می‌شود. به این سبب، هسته پنهان است و فوران‌های جت، که کم‌نورترند، فرصت خودنمایی پیدا می‌کنند.





بلازار ۳C ۲۷۹: این تصویر رصدخانه‌ی پرتو گامای کامپتون، تابش پرانرژی هسته‌ی یک بلازار را نشان می‌دهد.

بلازارها

بلازارها شبیه اختروش‌ها هستند؛ اما درخشندگی آن‌ها بسیار سریع، تا ۱۰۰ بار، روزبه‌روز تغییر می‌کند. به‌نظر می‌رسد بلازارها کهکشان‌های فعالی هستند که فوران‌های جت آن‌ها درست رو به ماست. ما مستقیم به فوران‌ها و هسته نگاه می‌کنیم و همه‌ی نور و سایر تابش‌های قرص برافزایشی اطراف سیاه‌چاله مرکزی را می‌بینیم.



تاریخچه‌ی کهکشان‌های فعال

• در سال ۱۹۴۳، توجه کارل سیفرت، اخترشناس آمریکایی (۱۹۶۰-۱۹۱۱)، به گروهی از مارپیچی‌ها با هسته‌های بسیار درخشان جلب شد که کهکشان‌های سیفرت بودند.

• در سال ۱۹۴۶، استنلی هی اخترشناس انگلیسی (۲۰۰۰-۱۹۰۹)، منبع رادیویی بسیار قوی‌ای به نام دجاجه A در دجاجه کشف کرد.

• در سال ۱۹۵۴، والتر باده اخترشناسان آمریکایی آلمانی‌الاصل (۱۹۶۰-۱۸۹۳) و رودولف مینکوسکی (۱۹۷۶-۱۸۹۵)، کهکشان غیرعادی و کم‌نوری را در مکان منبع رادیویی دجاجه A پیدا کردند.



کهکشان رادیویی دجاجه A

• در سال ۱۹۶۳، مارتن اشمیت اخترشناس هلندی (متولد ۱۹۲۹)، جرم ستاره‌مانندی در مکان منبع رادیویی ۳C ۲۷۳، در ورای کهکشان کشف کرد که اولین اختروش بود.

• در سال ۱۹۶۸، تابش‌های رادیویی از جرمی عجیب به نام BL ـ چلپاسه، که پیش از این تصور می‌شد متغیر است، دریافت شد. BL ـ چلپاسه یک بلازار بود؛ اما تا مدت‌ها به جرم‌های مشابه آن گروه BL ـ چلپاسه می‌گفتند.

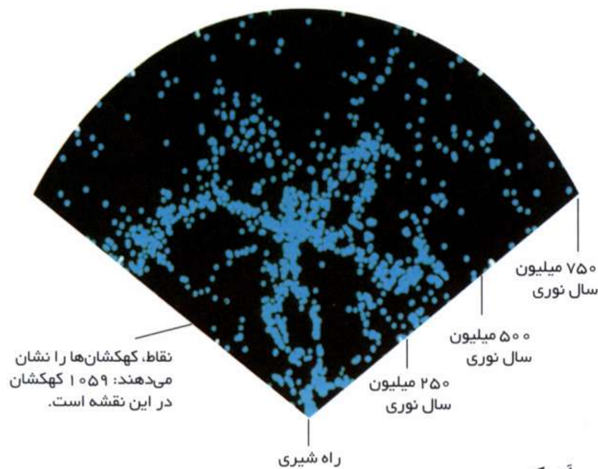
• در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰، بسیاری از اخترشناسان کوشیدند نشان بدهند چگونه انواع گوناگون کهکشان‌های فعال، با کهکشان‌های عادی، که سیاه‌چاله‌ی ابر پُرجرمی در مرکز خود دارند، توضیح داده می‌شوند. سرانجام، در سال‌های اخیر، مشخص شد زاویه‌ی دید ما عامل اصلی این گوناگونی است. وقتی فوران یا جت بیرون آمده از مرکز کهکشان در امتداد دید ما باشد، مرکز کهکشان، مانند اختروش‌ها، بسیار درخشان می‌شود؛ در حالی‌که وقتی فوران زاویه‌ی زیادی با دید ما دارد، کهکشان فعال رادیویی پدیدار می‌شود.

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی رادیویی ۳۰
اخترشناسی پرتو ایکس ۳۴
سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸
قلب راه شیری ۲۲۴
مقیاس کیهان ۲۳۸

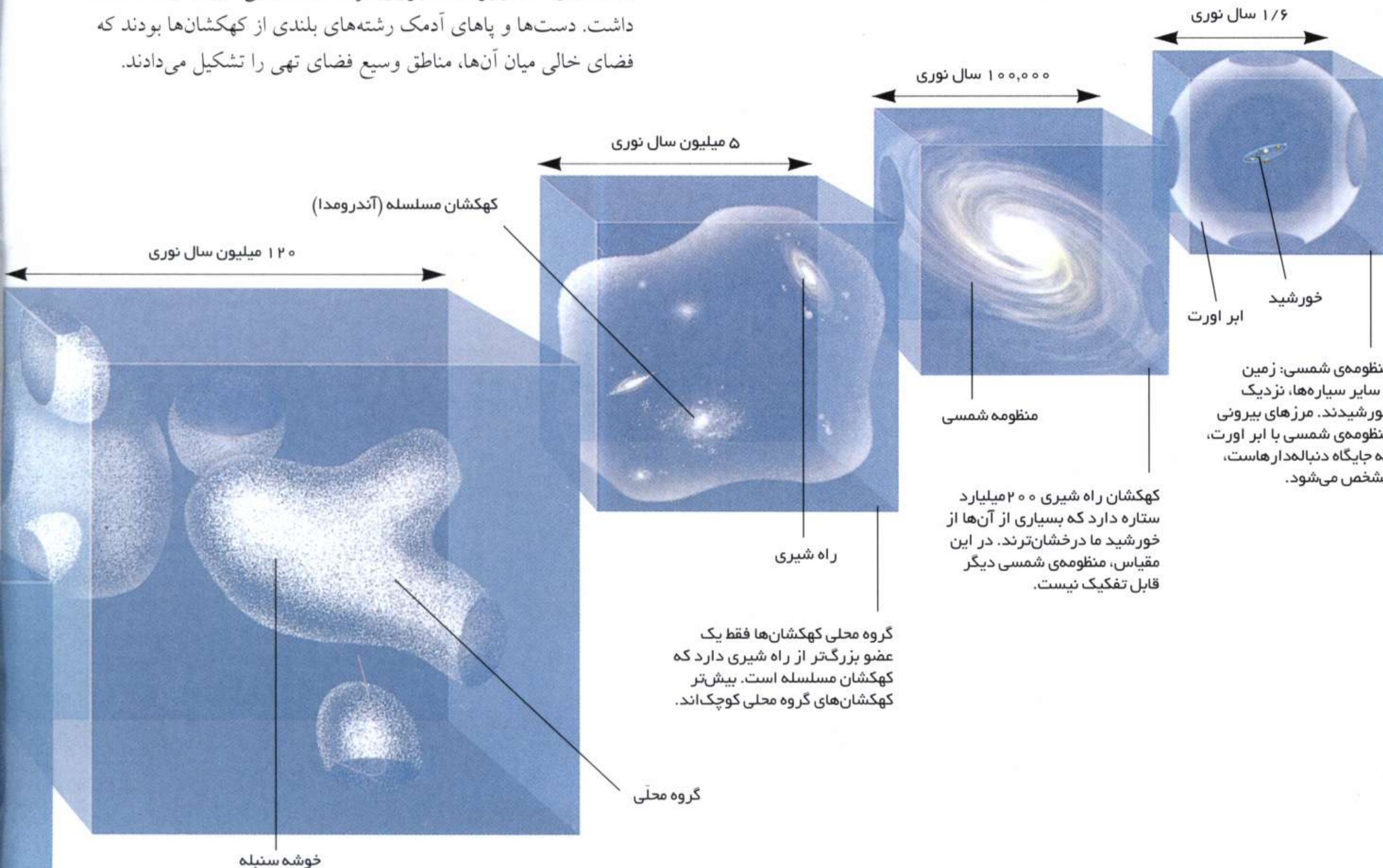
مقیاس کیهان

بزرگی کیهان تصورناپذیر است. دورترین کهکشان‌ها آن‌قدر از ما دورند که حدود ۱۳میلیارد سال طول می‌کشد نور آن‌ها به ما برسد؛ در حالی که نور آن‌قدر سریع حرکت می‌کند که در یک ثانیه، هفت بار دور کره‌ی زمین می‌گردد. حتی اخترشناسان نیز نمی‌توانند این فاصله‌های زیاد را مجسم کنند؛ اما می‌توانند کیهان را در مقیاس‌های گوناگون دسته‌بندی کنند. برخی از این مقیاس‌ها برای فاصله‌های سیاره‌ها (مانند واحد نجومی) و برخی برای ستاره‌ها و کهکشان‌ها (مانند سال نوری و پارسک) مناسب‌اند. معمولاً اخترشناسان برای اندازه‌گیری فاصله‌های دورتر، از سنجش دقیق فاصله‌ی جرم‌های نزدیک‌تر کمک می‌گیرند. هر اندازه‌گیری، پله‌ای از یک نردبان را می‌سازد که به فاصله‌های دورتر کیهان می‌رود.



آدمک

اولین نقشه‌ای که از قرارگیری کهکشان‌های ورای ابرخوشه‌های محلی، تا فاصله‌ی ۷۵۰میلیون سال نوری گرفته شد، شکلی شبیه به یک «آدمک» داشت. دست‌ها و پاهای آدمک رشته‌های بلندی از کهکشان‌ها بودند که فضای خالی میان آن‌ها، مناطق وسیع فضای تهی را تشکیل می‌دادند.



کیهان در همسایگی ما

ابرخوشه‌های کهکشانی، به شکل رشته‌هایی که تا صدها میلیون سال نوری در فضا کشیده شده‌اند، به هم متصل‌اند. آن‌ها با فضاهای نسبتاً خالی (وُید یا تهی‌جا) که کهکشان‌های کمی در آن‌هاست، از هم جدا شده‌اند. این فضاهای خالی معمولاً ۱۰۰میلیون سال نوری پهنا دارند و پهنای بزرگ‌ترین نمونه‌ی شناخته شده‌ی آن‌ها در سال ۲۰۰۷ به ۱میلیارد سال نوری رسید.

ابرخوشه‌ی محلی

ابرخوشه‌ی محلی شامل تعدادی خوشه‌های کهکشانی کوچک‌تر است که گروه محلی ما یکی از آن‌ها، در لبه‌ی ابرخوشه است. خوشه‌ی کهکشانی بزرگ سنبله، در ۵۰ میلیون سال نوری از راه شیری، در مرکز قرار دارد.

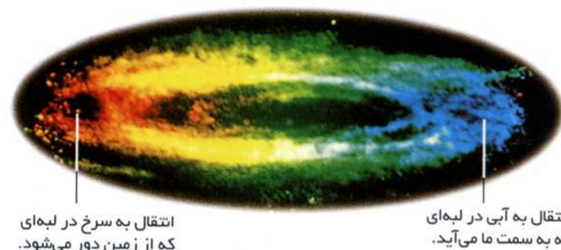
جغرافیای کیهان

برای درک بزرگی کیهان، اخترشناسان نقشه‌هایی در مقیاس‌های گوناگون از کیهان می‌کشند؛ درست مانند جغرافی‌دانان، که نقشه‌هایشان از نقشه‌های خیابانی تا همه‌ی کره زمین را دربرمی‌گیرد. در این بخش، نقشه‌ی سه بُعدی از حیاط فضایی ما (منظومه‌ی شمسی) تا کهکشان‌هایی که فقط با تلسکوپ‌های بزرگ دیده می‌شوند، شروع می‌شود. اندازه‌ها بنا بر سال نوری داده شده است: یک سال نوری فاصله‌ای است که نور در یک سال طی می‌کند و برابر ۹/۵ میلیون میلیون (تریلیون) کیلومتر است.

روش چرخش کهکشان

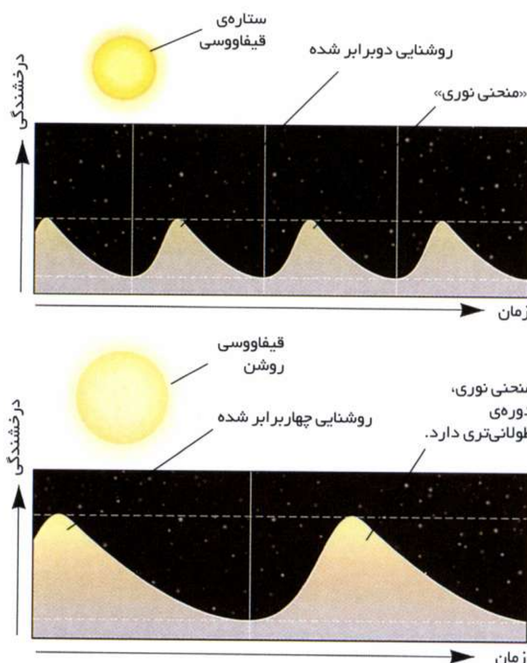
با بررسی کهکشان‌های نزدیک و فاصله‌سنجی آن‌ها به کمک ستاره‌های قیفاووسی، اخترشناسان دریافتند که درخشندگی کل کهکشان مارپیچی به سرعت چرخش آن بستگی دارد. این سرعت را از انتقال به سرخ و انتقال آبی نور کهکشان در هر لبه، می‌توان از راه طیف‌سنجی به‌دست آورد. می‌توان از کهکشان‌هایی که سرعت چرخش یکسانی دارند، برای محاسبه‌ی فاصله‌های تا بیش از یک میلیارد سال نوری استفاده کرد.

کهکشان مارپیچی چرخان



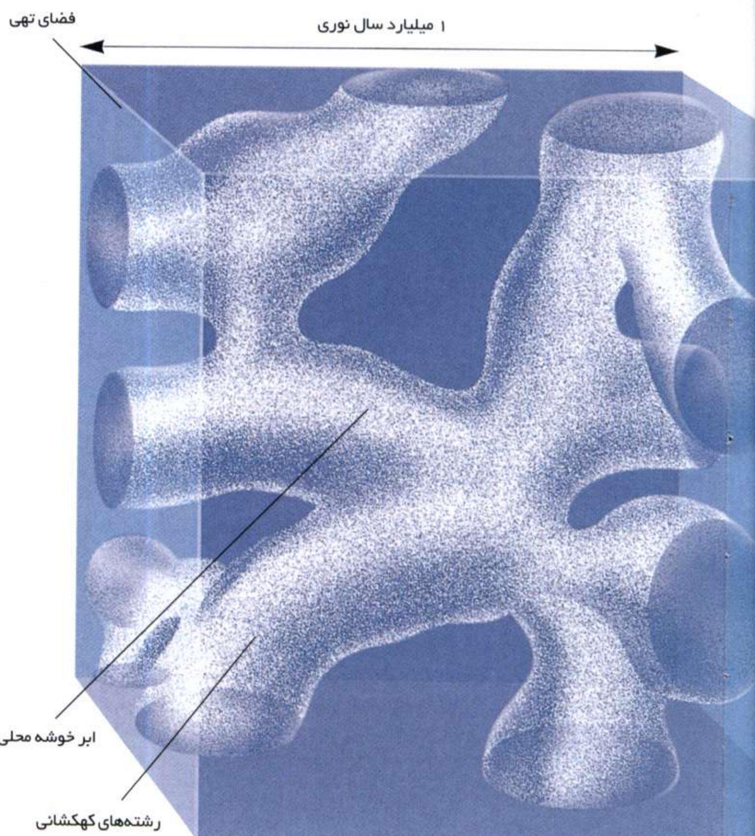
اندازه‌گیری فاصله

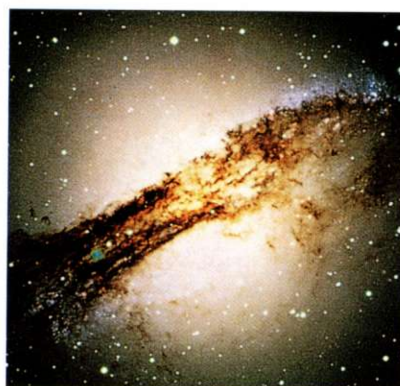
اخترشناسان برای اندازه‌گیری فاصله بین سیاره‌ها از رادار و برای فاصله‌ی ستاره‌ها از اختلاف منظر استفاده می‌کنند. هیچ‌کدام این دو روش برای فاصله‌های دورتر از راه شیری مناسب نیستند. بنابراین اخترشناسان نردبانی ساختند که به کمک آن فاصله‌ها را به دست بیاورند. فاصله‌ی کهکشان‌های نزدیک را با مقایسه ستاره‌هایی که شبیه برخی ستاره‌های درون راه شیری‌اند، به‌دست می‌آورند. سپس با کمک این کهکشان‌ها، به دنبال یافتن فاصله‌های کهکشان‌های دورتر می‌روند.



شمع استاندارد قیفاووسی‌ها

اگر دو ستاره مقدار نور مشابهی تولید کنند، اما یکی کم‌نورتر باشد، نشان می‌دهد دورتر است. اخترشناسان از متغیرهای قیفاووسی برای اندازه‌گیری فاصله با این روش استفاده می‌کنند. زیرا در این‌گونه متغیرها، دوره‌ی تناوب با درخشندگی میانگین آن‌ها رابطه دارد؛ هرچه ستاره درخشان‌تر باشد، دوره‌ی تناوب آن طولانی‌تر است. اخترشناسان درخشندگی واقعی قیفاووسی‌ها را از دوره‌ی تناوب آن‌ها به‌دست می‌آورند و آن را با روشنایی ظاهری آن‌ها در آسمان مقایسه می‌کنند تا فاصله‌ی کهکشانی را که در آن قرار دارند، محاسبه کنند.





فاصله‌یابی به کمک اَبَرنواخترها

اَبَرنواختر، ستاره‌ی منفجر شده‌ای است که آن‌قدر پرنور می‌شود که اخترشناسان می‌توانند آن را در کهکشان‌هایی صدها میلیون سال نوری دورتر رصد کنند. اخترشناسان اَبَرنواخترها را بنا بر چگونگی درخشان شدن و سپس محو شدن آن‌ها (منحنی نوری)، دسته‌بندی می‌کنند. اَبَرنواخترهای نوع اول a، همواره به درخشندگی بیشینه‌ی ثابتی می‌رسند؛ بنابراین شمع‌های استاندارد مناسبی هستند. اما در یک کهکشان نمونه، در هر قرن فقط یک یا دو بار دیده می‌شوند.

کیهان رو به گسترش

• ارسطو در حدود سال ۲۶۰ پیش از میلاد، متوجه شد کیهان بسیار بزرگ‌تر از زمین ماست: بنا بر رصدهای او، خورشید ۷میلیون کیلومتر دورتر از زمین بود.



تصور قرون وسطانی از کیهان

• در سال ۱۶۱۹، یوهان کپلر ثابت کرد سیاره‌ها چگونه دور خورشید می‌گردند و نشان داد که زحل تقریباً ۱۰ بار دورتر از زمین است.

• در دهه‌ی ۱۷۸۰، ویلیام هرشل محاسبه کرد راه شیری حدود ۱۰هزار سال نوری قطر دارد؛ اندازه‌ای که ویلیام هرشل به دست آورد از اندازه‌ای که تصور می‌شد خیلی بزرگ‌تر بود، اما فقط یک‌دهم اندازه‌ی واقعی راه شیری (که حالا می‌دانیم) بود.

• در سال ۱۹۱۸، هارلو شیپلی اعلام کرد راه شیری به قطر ۳۰۰هزار سال نوری، همه‌ی کیهان را دربرمی‌گیرد.

• در سال ۱۹۲۳، ادوین هابل متوجه شد کهکشان مسلسله یا آندرومدا مجموعه‌ای جدا از راه شیری است و اکنون می‌دانیم ۲/۵میلیون سال نوری از ما فاصله دارد. مسلسله نخستین جرمی بود که ثابت شد در ورای راه شیری است.

• در سال ۱۹۶۳، اخترشناسان اولین اختروش را به نام ۳C ۲۷۳، در فاصله‌ی ۲میلیارد سال نوری کشف کردند.

• در سال ۱۹۹۵، تلسکوپ فضایی هابل کهکشان‌هایی را در فاصله‌ی بیش از ۱۰ میلیارد سال نوری از ما، به تصویر کشید.

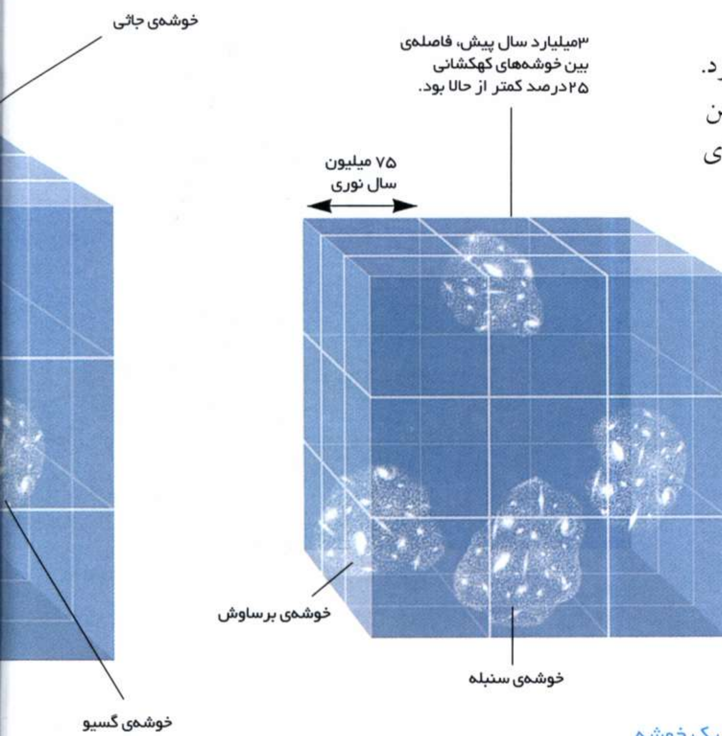
• دورترین کهکشان‌ها و اختروش‌هایی که در سال‌های اخیر پیدا شدند، حدود ۱۳ میلیارد سال نوری از ما فاصله دارند.

بیش‌تر بدانیم

منظومه‌ی شمسی ۹۴
ستاره‌های متغیر ۱۸۴
ستاره‌ها چه‌قدر دورند؟ ۱۸۶
اَبَرنواخترها ۲۰۴
گروه محلی ۲۲۸
خوشه‌های کهکشانی ۲۳۴

انبساط کیهان

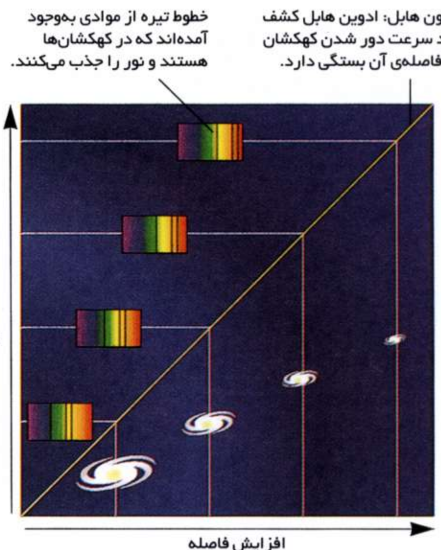
به اعماق کیهان بنگرید؛ چیزی عجیب و غیرعادی در حال رخ دادن است. در همه‌ی جهات، خوشه‌های کهکشان‌ها از ما دور می‌شوند و هر چه خوشه دورتر باشد، با سرعت بیش‌تری می‌گریزد. گویا کهکشان راه شیری ما چندان دوست‌داشتنی نیست! در حقیقت، هر جای کیهان که باشیم، همین پدیده رخ می‌دهد. یعنی هر کهکشانی از سایر کهکشان‌ها در حال دور شدن است؛ مانند کشمش‌های روی کیک کشمشی در حال پختن که با پف کردن کیک، از هم دور می‌شوند.
انبساط کیهان بسیار مورد استفاده‌ی اخترشناسان است: زمانی که شتاب یا آهنگ انبساط را برای کهکشان‌های نزدیک به دست آورند، با داشتن سرعت دور شدن کهکشان (از روی طیف آن)، فاصله‌ی آن را به کمک قانون هابل (سرعت دور شدن = ثابت هابل یا شتاب انبساط × فاصله) محاسبه می‌کنند.



فضای اطراف یک خوشه

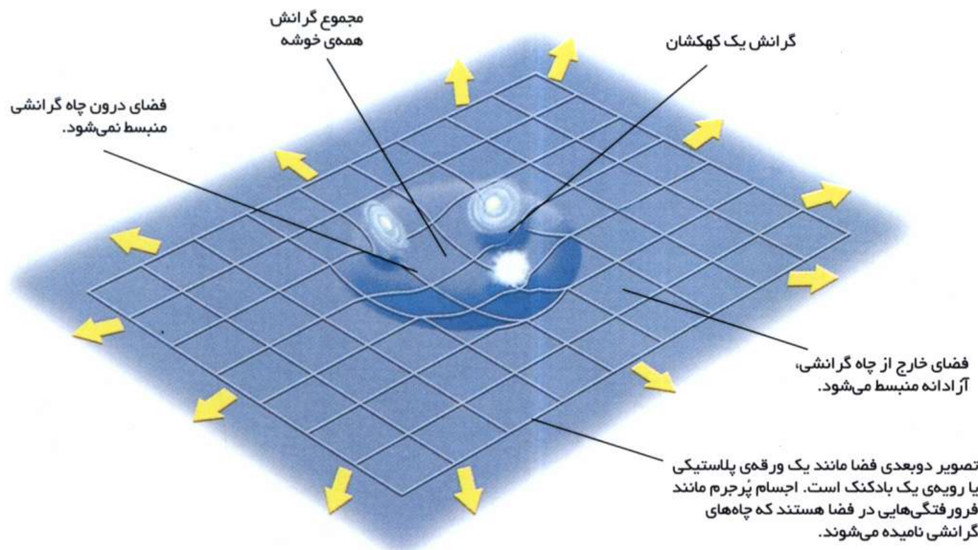
انبساط فضا

با آن‌که کیهان در حال انبساط است، درون محیط دیگری منبسط نمی‌شود. بلکه خود فضا بزرگ می‌شود و خوشه‌های کهکشانی را نیز با خود می‌برد. فضا را مانند یک بادکنک تصور کنید که خوشه‌های کهکشانی روی آن چسبیده‌اند. با باد شدن و بزرگ شدن بادکنک، آن‌ها نیز از هم دور می‌شوند. همه‌ی بخش‌های کیهان با سرعت ثابتی منبسط می‌شوند. بنابراین هرچه دو خوشه از هم دورتر باشند، فضای میان آن‌ها با سرعت بیش‌تری گسترش می‌یابد.



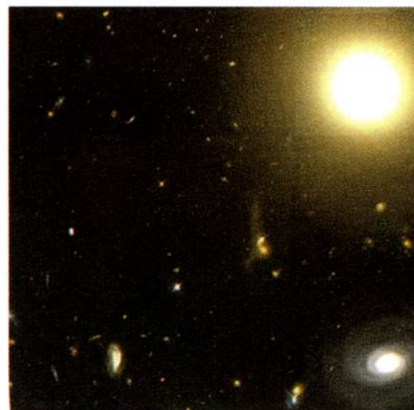
انتقال به سرخ در کهکشان‌ها

اخترشناسان با بررسی کردن خطوط تیره‌ی طیف کهکشان‌ها، سرعت آن‌ها را تخمین می‌زنند. مکان این خط‌ها به حرکت کهکشان بستگی دارد (اثر دوپلر). اگر کهکشان در حال دور شدن از ما باشد، خطوط به سمت طول موج‌های بلندتر و قرمزتر می‌روند (پدیده‌ی انتقال به سرخ). هرچه انتقال به سرخ بیش‌تر باشد، سرعت بیش‌تر است. کهکشان‌های دورتر، با سرعت بیش‌تری دور می‌شوند.



انبساط و گرانش

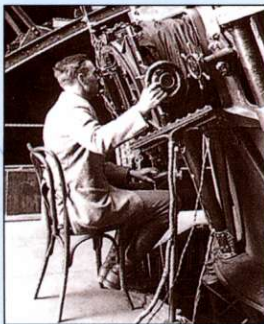
درست نیست که بگوییم همه چیز در کیهان در حال انبساط است. زمین بزرگ‌تر نمی‌شود؛ منظومه‌ی شمسی و کهکشان راه شیری هم همین‌طور. حتی اندازه‌ی خوشه‌های کهکشان نیز تغییر نمی‌کند؛ زیرا گرانش آن‌ها را در کنار هم نگه‌داشته است. فقط در فاصله‌های زیاد بین خوشه‌های کهکشانی، انبساط فضا بر نیروی جذب‌کننده‌ی گرانش غلبه می‌کند.


کهکشان‌های خوشه‌ی گیسو از هم دور نمی‌شوند؛ اما خوشه با سرعت ۶۶۰۰ کیلومتر بر ثانیه از ما دور می‌شود.

پی بردن به انبساط

• در سال ۱۹۱۷، وستو ملوین اسلایفر اخترشناس آمریکایی (۱۹۶۹ - ۱۸۷۵)، سرعت ۲۵ کهکشان یا به بیان آن دوره، سحابی، را محاسبه کرد. بیش‌تر آن‌ها با سرعت دور می‌شدند.

• در سال ۱۹۲۹، ادوین هابل مقدار انبساط کیهان را به‌دست آورد (ثابت هابل). اندازه‌ی محاسبه شده‌ی او ۵۰۰ کیلومتر بر ثانیه به ازای افزایش هر مگاپارسک (۳/۲۶میلیون سال نوری) فاصله بود.



هابل در پشت تلسکوپ رصدخانه‌ی مونت ویلسون

• در سال ۱۹۴۸، گروه بین‌المللی فرد هویل (۲۰۰۱ - ۱۹۱۵)، هرمان باندی (۲۰۰۵ - ۱۹۱۹) و تامی گولد (۲۰۰۴ - ۱۹۲۰) اعلام کردند ماده در فضای میان کهکشان‌های دورشونده به‌وجود می‌آید. این نظریه به نام حالت پایدار، با ارائه‌ی نظریه‌ی مهبانگ در سال ۱۹۶۵ رد شد.

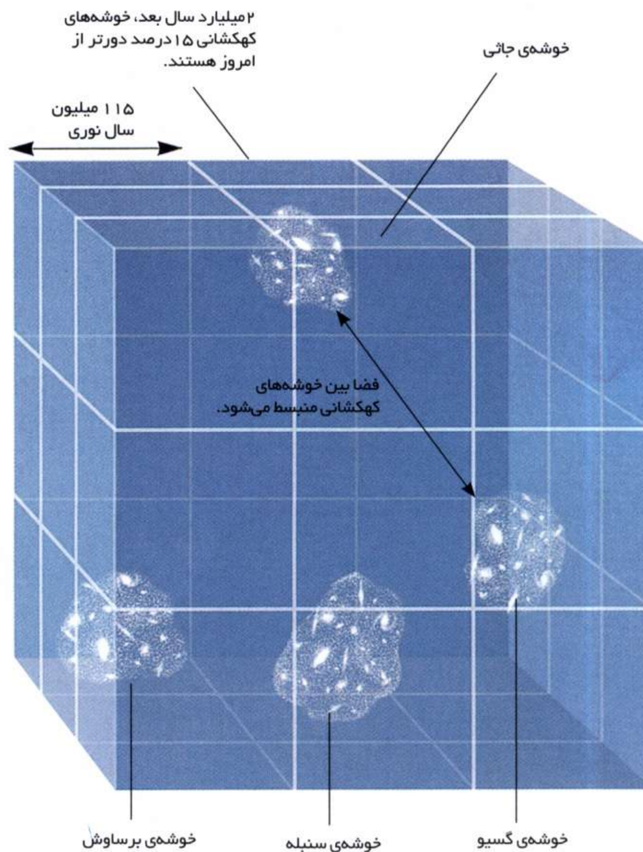
• والتر باده، اخترشناس آلمانی - آمریکایی (۱۹۶۰ - ۱۸۹۳) در سال ۱۹۵۲ ثابت هابل را دوباره اندازه گرفت. این‌بار ۲۲۵ کیلومتر بر ثانیه به ازای هر مگاپارسک به‌دست آمد.

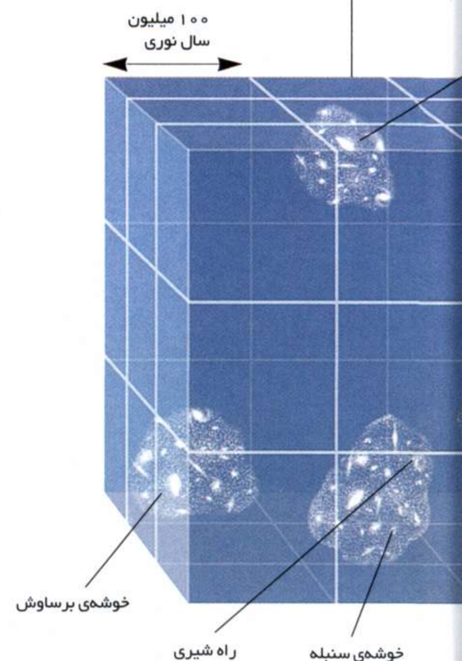
• در سال ۱۹۶۳، مارتن اشمیت اخترشناس هلندی - آمریکایی (-۱۹۲۹) با استفاده از انتقال به سرخ، فاصله‌ی اختروش ۳C۲۷۳ را به‌دست آورد.

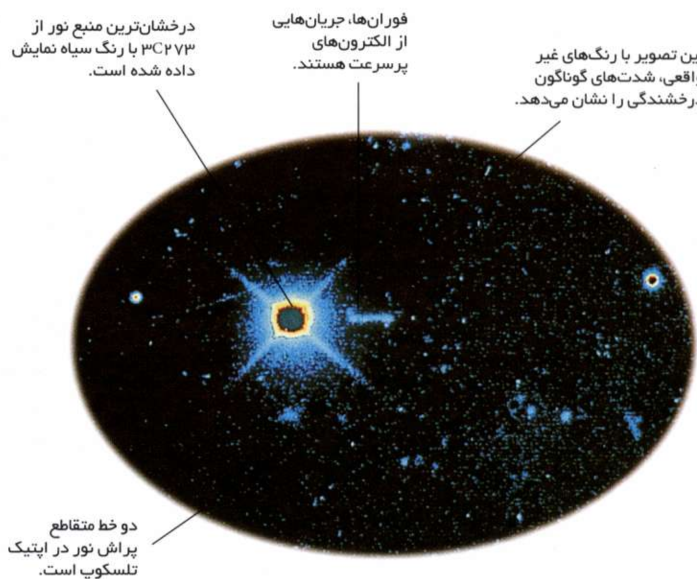
• رصدهای تلسکوپ فضایی هابل در سال ۱۹۹۸، عدد ثابت هابل را به ۷۳ کیلومتر بر ثانیه به ازای هر مگاپارسک تغییر داد.

بیش‌تر بدانیم

طرح‌های جدید و بزرگ‌ترین رصدخانه‌های جهان ۲۲
تحلیل نور ۲۴
اندازه‌های ستاره‌ها ۱۸۲
کهکشان‌های فعال ۲۳۶
مقیاس کیهان ۲۳۸



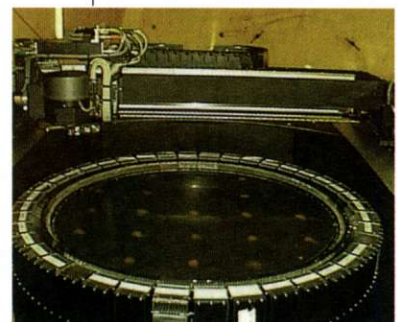




اندازه‌گیری انتقال به سرخ

بسیاری از کهکشان‌ها آن‌قدر کم‌نورند که به سختی حتی می‌توان آن‌ها را دید و سخت‌تر از آن، گرفتن طیف نور و تجزیه‌ی نور آن‌ها به شکلی است که بتوان انتقال به سرخ و در نتیجه فاصله‌ی آن‌ها را به‌دست آورد. به همین سبب، تلسکوپ‌های بسیار بزرگی ساخته می‌شوند تا حداکثر میزان نور را جمع‌آوری کنند. اخترشناسان طیف‌سنج‌های الکترونیک بسیار دقیقی طراحی کرده‌اند که هم‌زمان، انتقال به سرخ بسیاری از کهکشان‌ها را به‌دست آورد.

طیف‌سنج ۲DF، روی تلسکوپ آنگلو - استرالیا، برای گرفتن طیف صدها کهکشان در یک زمان طراحی شده است.



کشف اختروش‌ها

در دهه‌ی ۱۹۵۰، اخترشناسان جرم‌های ستاره‌مانندی را، که تابش رادیویی شدیدی داشتند، کشف کردند. در طیف این جرم‌ها، خطوط ناآشنایی دیده می‌شد. سرانجام، آنان متوجه شدند خطوط طیف یکی از درخشان‌ترین این جرم‌ها، ۳C۲۷۳، همان خطوط حاصل از اتم‌های هیدروژن است که ۱۶درصد به سرخ انتقال یافته‌اند. با استفاده از قانون هابل، انتقال به سرخ نشان داد ۳C۲۷۳ باید در فاصله‌ی ۲میلیارد سال نوری از ما باشد؛ در فاصله‌ای که به نظر می‌رسید این جرم درخشان‌تر از هر کهکشانی باشد. اکنون می‌دانیم این جرم‌های شبیه به ستاره (اختروش)، هسته‌ی کهکشانی بسیار فعال‌اند.

مِهبانگ

مهبانگ یا انفجار بزرگ، فرضیه ایست در چگونگی ظهور بخش مادی عالم هستی یعنی کیهان؛ آغاز همه چیز آن: زمان، فضا و بلوک‌های سازنده‌ی ماده در کیهان. ساعت بزرگ کیهانی، حدود ۱۳/۷میلیارد سال پیش در توپ آتشین بی‌اندازه متراکمی، که در آن ماده و پادماده خودبه‌خود از انرژی ساخته شد، شروع به تیک‌تاک کرد. در لحظه‌ی خلقت، این جهان بی‌نهایت داغ و چگال بود. سپس شروع به انبساط و سرد شدن کرد و اکنون نیز در حال انبساط و سرد شدن است.

زودترین زمان ممکن برای مهبانگ: ۱۵ میلیارد سال پیش

محتمل‌ترین زمان برای مهبانگ: ۱۳/۷ میلیارد سال پیش

دیرترین زمان ممکن برای مهبانگ: ۱۱ میلیارد سال پیش

کیهان بسیار داغ و جوان

کهکشان‌های جوان بسیار فشرده کنار هم‌اند.

گرانش، خوشه‌های کهکشانی را کنار هم نگه می‌دارد.

کیهان امروز

عقب بردن انبساط

کیهان در حال انبساط است، بنابراین، نشانی است بر این‌که در گذشته، همه چیز به هم نزدیک‌تر بود. اگر حرکت کهکشان‌هایی که امروز می‌بینیم، برعکس شود، در زمانی حدود ۱۳میلیارد سال پیش به تک‌نقطه‌ای می‌رسد. آن‌جا مبدأ انبساط است که مهبانگ نام دارد. محل این نقطه کجای کیهان است؟ همه‌جا! زیرا زمانی همه‌ی کیهان بوده است.

پیش از مهبانگ

پیش از مهبانگ قابل تصور نیست؛ زیرا زمان وجود نداشته است. فضا و زمان همیشه به‌طور مستقیم، به شکل آن‌چه آلبرت اینشتین آن را پیوستار فضا ـ زمان نامید، به هم مرتبط بوده‌اند. هنگامی که زمان متولّد شد، فضا نیز شروع به انبساط کرد. همین‌طور هنگامی که فضا خلق شد، زمان جریان یافت.

کیهان، با نیرویی بسیار قوی، ناگهان شروع به انبساط می‌کند. اندازه‌ی کیهان هر ۱۰ کوادریلیون کوینتیلیونوم ثانیه ($۱۰^{-۳۲}$ ثانیه) دو برابر می‌شود.

لحظه‌ای پس از خلقت، این جهان بی‌نهایت داغ بود و با سرعت کمی منبسط می‌شد.

گذشت زمان

مهبانگ

فضا ـ زمان بدون آشفتگی، در تصویری خیالی از بیرون کیهان، این گونه است.

قله‌ها نشان‌دهنده آشفتگی فضا ـ زمان‌اند.

فضا ـ زمان آشفته، قله‌هایی دارد که ممکن است هریک به یک مهبانگ تبدیل شود و جهانی مانند این جهان به‌وجود آورد.

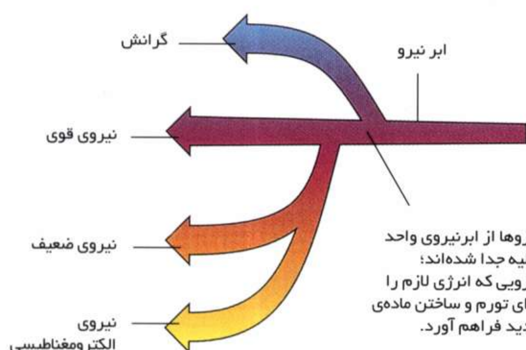
تورم

بسیاری از اخترشناسان بر این باورند که مهبانگ همه‌ی ماجرای خلقت نیست. وضعیت موجود در عالم اولیه، انرژی را مستقیماً به مقادیر مساوی ماده و پادماده تبدیل کرد. لحظاتی بعد، رخداد شگرف‌تری به وقوع پیوست: تورم کیهانی. عالم منبسط شد و اندازه‌ی آن در کسری از ثانیه، صدها تریلیون کوینتیلیون کوینتیلیون (بیش از $۱۰^{۵۰}$) بار بزرگ شد. تورم مقادیر بسیار زیاد انرژی آزاد کرد که ماده‌ی بیش‌تری تولید کرد و نیروهایی را ساخت که اکنون عالم ما را کنترل می‌کنند.

ماده و پادماده، ذراتی با جرم برابرند که ویژگی‌های دیگرشان، مثل بار الکتریکی، مساوی اما مخالف هم است.

نیروی تورم مانند پادگرانش عمل و همه چیز را از هم دور می‌کند.

دما به سرعت کاهش یافت و بلافاصله پس از تورم و پیش از افزایش مجدد، در زمان کوتاهی به صفر مطلق رسید.



نیروهای بنیادی

چهار نیروی اصلی کیهان امروز را در دست دارند. قلمرو نیروی الکترومغناطیس خواص مغناطیسی و الکتریکی است؛ نیروی هسته‌ای ضعیف همان چیزی است که بر فرآیند هم‌جوشی هسته‌ای درون ستاره‌ها حکم‌فرماست؛ نیروی هسته‌ای قوی چسب قدرت‌مندی است که اجزای هسته‌ی اتم را نگه می‌دارد و گرانش همان نیرویی است که سیاره‌ها و ستاره‌ها را در مدار حرکت خود حفظ می‌کند. در ابتدای آفرینش، این چهار نیرو یکی بودند. اما با انبساط کیهان و سرد شدن آن، جدا شدند و سبب رها شدن انرژی عظیمی گردیدند که تورم را پدید آورد.

فوتون‌ها ذراتی هستند که نور و نیروی الکترومغناطیس را حمل می‌کنند.

جفت ذرات مجازی دو دسته بودند: کوارک‌های سنگین (قرمز) و لپتون‌های سبک (سبز).

ماده و پادماده، خود به خود، به‌وجود آمدند و هم‌دیگر را نابود کردند.

ذرات مجازی

انرژی حاصل از مهبانگ، جفت‌های ذرات مجازی، یکی ماده و دیگری پادماده را به‌وجود آورد. آن‌ها بلافاصله هم‌دیگر را از بین می‌بردند.

مقیاس تورم

در کسری از ثانیه، کیهان از اندازه‌ای کوچک‌تر از یک اتم به بزرگ‌تر از یک کهکشان گسترش یافت.

رد ذرات

امروزه در فیزیک ذرات ریز اتمی، مانند آن‌هایی که در وضعیت داغ، چگال و پرتکاپوی عالم اولیه شکل گرفتند، در شتاب‌گرهای بزرگ ذرات ایجاد و بررسی می‌شوند.

جدا شدن نیروهای ضعیف و الکترومغناطیس در پایان تورم، به ذرات و پادذرات، انرژی لازم را برای جدا شدن و دوری از نابود شدن داد.

نظریه‌ی مهبانگ

- در سال ۱۹۲۹، ادوین هابل دریافت کیهان در حال انبساط است.
- در سال ۱۹۳۱، ژرژ لومتر اعلام کرد کیهان از انفجار یک «اتم آغازین» به‌وجود آمده است.
- در سال ۱۹۴۸، ژرژ گاموف شکل جدیدی از نظریه‌ی اتم آغازین را منتشر کرد (مهبانگ).
- در سال ۱۹۷۹، آلن گات با بررسی منشأ نیروهای بنیادی، نظریه‌ی تورم را مطرح کرد.

بیش‌تر بدانیم

انبساط کیهان ۲۴۰
نخستین سه دقیقه ۲۴۴
پژواک مهبانگ ۲۴۶

نخستین ۳ دقیقه

عالم اولیه‌ی ما داغ و سوزان، پس از پایان تورم، گستره‌ی وسیعی از ذرات ریز اتمی ساخته بود که احتمالاً به‌طور مساوی در دسته‌های ماده و پادماده قرار می‌گرفتند. زمانی که عالم منبسط و سرد می‌شد، ساختن، به جای ویرانی، آغاز شد. به مرور زمان، ذرات در دسته‌های بزرگ‌تر و پایدارتری جمع شدند و سوپ ضخیم ذرات، باریک‌تر شد. پس از پایان سومین دقیقه، این جهان مواد اولیه‌ی همه‌ی ماده‌ای را که امروز اطراف ماست، هسته‌ی سه عنصر آغازین هیدروژن، هلیوم و لیتیوم ساخته بود.

ماده‌ی تاریک

خوشه‌های بزرگ معمولاً هزاران کهکشان درخشان دارند. اما ماده‌ی تاریک و نامرئی، که پس از تورم به‌وجود آمد، از ماده‌ی مرئی مانند کهکشان‌ها، ستاره‌ها و گاز و غبار آن‌ها بسیار بیش‌تر است. یکی از نامزدهای ماهیت ماده‌ی تاریک ویمپ‌ها و نوترینوهایی است که از سه دقیقه نخستین باقی ماندند.

زمانی که ذرات و پادذرات هم‌دیگر را نابود می‌کردند، انرژی تابشی شدید آزاد شده جفت‌های ذره و پادذره جدید را می‌ساخت.

ذرات جدید، از جمله بوزون‌های X، بوزون‌های هیگز و ویمپ‌ها.

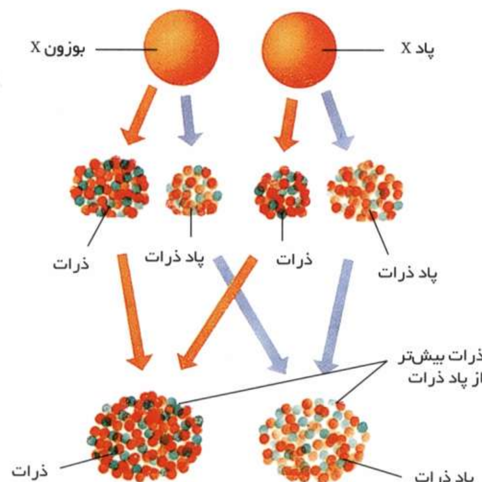
کوارک‌ها (قرمز) و لپتون‌ها (سبز) در طی تورم آزاد شده‌اند.

بوزون‌های W و Z، گلون‌ها، فوتون‌ها و گراویتون‌ها، نیروها را بین ذرات حمل می‌کردند.

مراحل بلوغ

عالم اولیه ما پر بود از ذرات و پادذرات نامتعارف، برخی با طول عمرهای بسیار کوتاه. کوارک‌ها، لپتون‌ها و ویمپ‌ها، در دمایی حدود ۱۰هزار ترلیون ترلیون (10^{28}) درجه‌ی سانتی‌گراد، با هم برخورد می‌کردند. در طول سه دقیقه، دما به کمتر از ۱میلیارد درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش یافت و این جهان به مکان آرام‌تری با ذرات کمتر و پایدارتری تبدیل شد.

واپاشی بوزون X



در جست‌وجوی پادماده

کهکشان پادماده باید به‌جز در اطراف لبه‌ها، کاملاً مانند کهکشانی عادی باشد. در آن‌جا زمانی که پادماده و ماده‌ی عادی (مثلاً گاز رقیق میان‌کهکشانی) یکدیگر را ملاقات می‌کنند و از بین می‌برند، درخشش‌های نورانی انرژی دیده می‌شود. اما تاکنون چنین پدیده‌ای با قطعیت در کیهان مشاهده نشده است.

پیروزی ماده

تورم، مقادیری مساوی از ماده و پادماده به‌وجود آورد. طبق یکی از نظریه‌های امروز، دلیل این‌که آن‌ها به‌طور کامل هم‌دیگر را از بین نبردند، مربوط به ذره‌ی بوزون X و پاد X است. این‌ها پُرجرم‌ترین ذرات بودند و فقط انرژی زیاد تورم می‌توانست آن‌ها را به‌وجود آورد. زمانی که عالم سرد شد، این دو ذره ناپایدار شدند و به کوارک‌ها و لپتون‌های سبک‌تر واپاشی کردند. اما به ازای هر ۱۰۰میلیون کوارک و لپتون تولید شده، ۹۹,۹۹۹,۹۹۹ پادذره به‌وجود می‌آمد، یعنی در هر صدمیلیون فقط یک ذره ماده بیش‌تر از ذرات پادماده بود. این بی‌توازنی کوچک، همه‌ی ماده‌ی کنونی عالم ما را تشکیل داده است.

ذرات بنیادی

بسیاری از ذرات ریز اتمی، که در کیهان اولیه بودند، دیگر وجود ندارند یا به ذرات دیگر تبدیل شده‌اند. مهم‌ترین ذرات آغازین، که مطابق فیزیک امروز به ذرات سازنده‌ی کوچک‌تری تبدیل نمی‌شوند، در زیر توضیح داده شده‌اند:

ریسمان کیهانی
رشته‌ی بسیار سنگینی از ماده با طول میلیون‌ها سال نوری که نظریه‌ها آن را پیش‌بینی کرده‌اند.



بوزون X: ذره‌ای بسیار سنگین و نظری است که هنوز مشاهده نشده است.



بوزون‌های هیگز: ذره‌ی بسیار سنگینی که فیزیک‌دان انگلیسی، پیتر هیگز، آن را کشف کرد.



ویمپ: ذرات پُرجرم با برهم‌کنش ضعیف با محیط مادی اطراف که به‌نظر می‌رسد ماده‌ی تاریک کیهان را تشکیل داده باشد.



بوزون‌های W و Z: ذراتی مشابه فوتون‌ها، اما دارای جرم، که نیروی ضعیف را حمل می‌کنند.



کوارک: سازنده‌های پروتون‌ها و نوترون‌ها که ۶ گونه از آن‌ها کشف شده است.



لپتون: ذراتی تأثیرپذیر از نیروی ضعیف؛ الکترون‌ها سبک‌ترین نوع لپتون‌ها هستند.

نوترینو: ذرات بسیار کم‌جرم و بسیار فراوان که سه گونه از آن‌ها یافت شده است. آن‌ها از میان همه‌چیز به راحتی عبور می‌کنند.

گلوئون: انتقال‌دهنده‌های نیروی قوی که کوارک‌ها را در کنار هم نگه‌می‌دارد.

فوتون: ذرات بدون جرم (در حالت سکون) که تابش نور و الکترومغناطیس را حمل می‌کنند و متداول‌ترین ذرات هستند.

گراویتون: ذراتی نظری که تصور می‌شود نیروی گرانش را حمل می‌کنند.

بیش‌تر بدانیم

انبساط کیهان ۲۴۰
مهبانگ ۲۴۲
پژواک مهبانگ ۲۴۶
ماده‌ی تاریک ۲۵۰

کوارک‌ها بین پروتون‌ها و نوترون‌ها هستند.

لپتون‌ها هم‌چنان آزادانه حرکت می‌کنند.

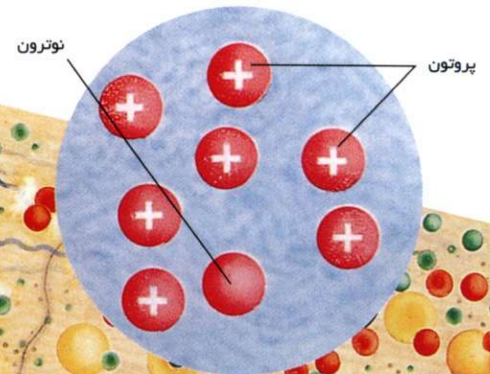
فوتون‌ها نور را در جهان شفاف‌شده حمل می‌کنند.

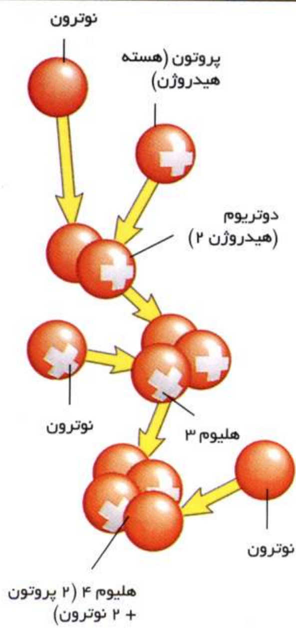
نوترون‌های اتم هلیوم

پروتون‌های آزاد (هسته هیدروژن)

پروتون‌ها و نوترون‌ها

هنگامی که کیهان سرد شد، گلئون‌ها، کوارک‌ها را برای ساختن تعداد مساوی پروتون و نوترون در گروه‌های سه‌تایی جمع کردند. در پایان اولین ثانیه، برخی نوترون‌ها به پروتون تبدیل شدند و در همان زمان دما به ۹۰۰میلیون درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش یافت. در آن زمان، به ازای هر نوترون، ۷ پروتون بود. نوترون‌های باقی‌مانده در کنار پروتون‌ها قرار گرفتند و هسته‌ی اتم‌ها را ساختند. پس از ۳ دقیقه، هیچ نوترون آزادی وجود نداشت.





به وجود آمدن هسته

در حدود یک ثانیه پس از مهبانگ، پروتون‌ها و نوترون‌ها به‌وجود آمدند و در ۳ دقیقه‌ی بعدی با هم ترکیب شدند تا هسته‌ی سبک‌ترین اتم‌ها، بیش‌تر هیدروژن و هلیوم را بسازند. هر عنصر تعداد مشخص و یگانه‌ای پروتون دارد؛ اما تعداد نوترون آن ممکن است تغییر کند و ایزوتوپ‌های گوناگون آن عنصر را بسازد. کیهان بسیار سریع به دما و چگالی کمتری از حدّ مورد نیاز هم‌جوشی هسته‌ای رسید و عنصر دیگری شکل نگرفت.



ترکیبات کیهان

محاسبات دقیق پیش‌بینی می‌کنند خاکسترهای مهبانگ عناصر ساخته شده در نخستین ۳ دقیقه، باید ۷۷درصد هیدروژن، ۲۳درصد هلیوم و ۰/۰۰۰،۰۰۰،۱ درصد لیتیوم باشد. بررسی ابرهای گازی، مانند سحابی عقاب، این نتایج را دربرداشتند.

پژواک مِهبانگ

پس از نخستین ۳ دقیقه‌ی آشوبناک و به‌وجود آمدن اولین هسته‌ی اتم‌ها، عالم ما تا حدودی آرام شد. تا یک ربع قرن، مواد کیهان تغییر نکرد؛ اما با انبساط این عالم، به شدت کم‌تراکم شد. بیش‌تر انرژی به شکل تابش بود؛ اما کیهان اولیه مه‌آلود بود و نور نمی‌توانست پیش از جهش از چیزی، مسافتی طولانی طی کند؛ زیرا بلافاصله جذب ذره‌ای در فضا می‌شد. سپس مه ناگهان ناپدید و فضا شفاف شد. پژواک‌های این رخ‌داد به شکل تابش زمینه‌ی کیهان، آسمان را فراگرفت.



پنزیاس، ویلسون و آنتن آن‌ها

پس تابش

در سال ۱۹۶۵، دو فیزیک‌دان به نام‌های آرنو پنزیاس و رابرت ویلسون، امواج رادیویی ضعیفی را، که از همه جای آسمان می‌رسید، کشف کردند. این تابش برابر تابش جسمی در دمای ۲۷۰ــ درجه‌ی سانتی‌گراد (۳ درجه بالاتر از صفر مطلق یا ۳ کلوین) بود. تنها توضیح برای چنین تابشی کم‌انرژی اما سراسری، گرمای مرده و بازمانده از مهبانگ است که بر اثر انبساط جهان طی بیش از ۱۳میلیارد سال سرد شده است. این تابش در همه‌ی جهات آسمان و در هر نقطه‌ای از کیهان به همین‌گونه دریافت می‌شود؛ زیرا در دوران کیهان کوچک اولیه نیز همه‌جا وجود داشته است.

تفاوت‌های جزئی دما، که احتمالاً توده‌های ماده‌ی تاریک آن‌ها را به‌وجود آورده است، در تابش زمینه دیده می‌شود.

ماده‌ی تاریک در عالم، با برهم‌کنش ضعیف، تحت تأثیر تابش‌های کیهانی قرار نگرفت و با نیروی گرانش خود شروع به انباشته شدن یا به اصطلاح برافزایش کرد.

در سه دقیقه، ماده، مخلوطی از هسته‌های اتمی، الکترون‌ها و ذرات ماده‌ی تاریک بود.

زمان

با سرد شدن عالم، لپتون‌های سنگین‌تر به الکترون‌ها تبدیل شدند. کمی پس از آن ماده‌ی معمولی شامل هسته‌های اتمی و الکترون‌ها ساخته شدند.

فوتون‌ها فاصله‌های کوتاهی را بین برخوردها طی می‌کنند.

الکترون‌ها

هسته‌های هیدروژن

هسته‌های هلیوم

(آخرین سطح پراکندگی): این شکاف، ۳۰۰هزار سال پیش از مهبانگ به‌وجود آمد که بخش کدر را از بخش شفاف عالم جدا می‌کند. تابش گرمایی، که تابش زمینه‌ی کیهانی را تشکیل داده است، از این (سطح) می‌آید.

پراکنده شدن فوتون‌ها

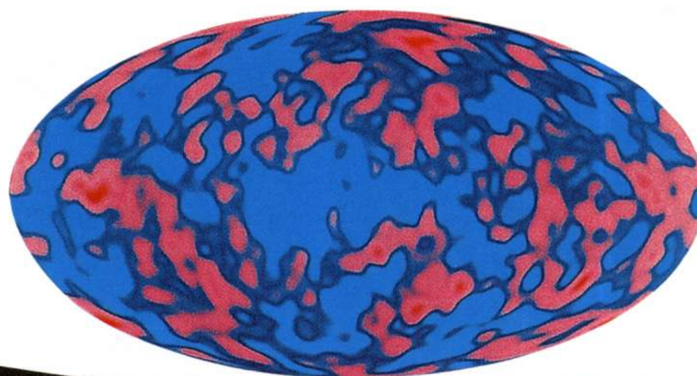
در عالم اولیه، فوتون‌های نور، پیوسته با هسته‌های اتمی و الکترون‌ها واکنش می‌دادند. در نتیجه، نمی‌توانستند به جایی بروند. فوتون‌ها از یک ذره می‌جهیدند و بلافاصله با ذره‌ی بعدی برخورد می‌کردند و ... . نور نمی‌توانست به خط مستقیم سیر کند. به همین دلیل، عالم ما تیره و کدر بود.

عالم در حال سرد شدن

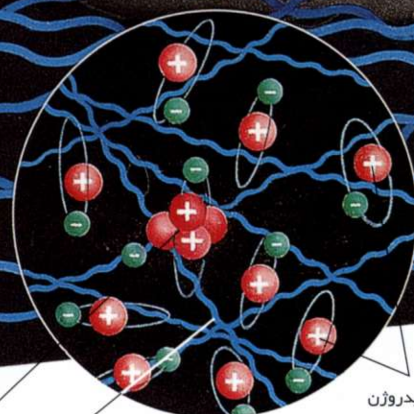
پس از سه دقیقه، فوتون‌ها و تابش پرانرژی گاما، کیهان را فراگرفته بود. عالم ما در حالی که منبسط و سرد می‌شد، انرژی تابشی از دست می‌رفت و تابش گاما به پرتو ایکس، مرئی و پس از آن نیز به امواج گرمایی تبدیل می‌شد. کاهش دما بر ذرات نیز اثر گذاشت و سرعت الکترون‌ها را آن‌قدر کاهش داد که با هسته‌های اتمی ترکیب شدند و اولین اتم‌ها را ساختند. این اتم‌ها با نور، برهم‌کنش زیادی نداشتند. در نتیجه، برای نور کیهان گذرپذیر شدند و سرانجام نور توانست در خط مستقیم، مسافت‌هایی طولانی طی کند و این‌گونه عالم شفاف شد.

افت‌وخیز تابش زمینه‌ی کیهان

ابتدا به‌نظر می‌رسید تابش زمینه یک‌دست باشد؛ اما در سال ۱۹۹۲، ماهواره‌ی جست‌وجوگر زمینه‌ی کیهان (کوبی COBE) نوسان‌هایی در آن مشاهده کرد؛ مناطقی که کمی گرم‌تر یا سردتر از میانگین بودند. مناطق آبی در نقشه‌ی سراسری کوبی، مناطق سردترند که نور تلاش می‌کند از گرانش قوی فرار کند و در نتیجه دچار افت انرژی بیش‌تری می‌شود. این مناطق تجمع یا کلوخه‌ی ماده‌ی تاریک را نشان می‌دهد که بذر شکل‌گیری نخستین کهکشان‌ها را می‌افشانند.


نقشه تابش پس‌زمینه‌ی کوبی

کلوخه‌های ماده‌ی تاریک، ابرهای گازی هیدروژن و هلیوم را در اطراف خود جمع می‌کنند تا کهکشان‌ها به‌وجود آیند.



اتم‌های هیدروژن

اتم هلیوم

فوتون‌ها مسافت‌های بیش‌تری را طی می‌کنند، برخوردها کم‌تر است.

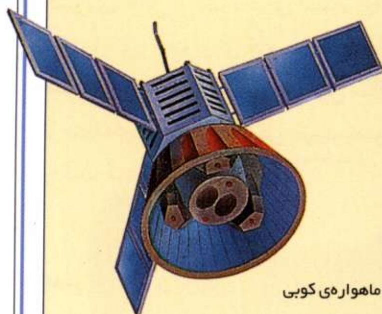
تابش منتشر شده از (آخرین سطح پراکندگی) با انبساط عالم، به سرد شدن ادامه می‌دهد و امواج نور و گرما به مرور به امواج رادیویی تبدیل می‌شوند.

شکل‌گیری اتم‌ها

حدود ۳۰۰هزار سال پس از مهبانگ، دما به ۳هزار درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش یافت. اکنون الکترون‌های منفی آن‌قدر آرام شده‌اند که در مدارهایی اطراف هسته‌های مثبت هیدروژن و هلیوم قرار می‌گیرند و نخستین اتم‌ها را به‌وجود می‌آورند.

ثبت پژواک‌های مهبانگ

- والتر آدافر (۱۹۵۶-۱۸۷۶)، که در رصدخانه‌ی مونت ویلسون کار می‌کرد، در سال ۱۹۳۸ کشف کرد ملکول‌های درون یک ستاره با تابشی خارجی در دمای ۲/۳ درجه بالای صفر مطلق، تحریک می‌شوند؛ در آن زمان، هیچ‌کس به اهمیت این کشف پی نبرد.
- در سال ۱۹۴۸، رالف آلفر (۲۰۰۷-۱۹۲۱) و رابرت هرمان (۱۹۹۷-۱۹۱۴)، تابشی بازمانده از مهبانگ را در دمای ۵ درجه بالای صفر مطلق پیش‌بینی کردند.
- رابرت دیک (۱۹۹۷-۱۹۱۶)، در سال ۱۹۶۴، دریافت کننده‌ای برای ردیابی تابش زمینه، ساخت.
- پنزیاس و ویلسون در سال ۱۹۶۵ تابش زمینه را به طور تصادفی کشف کردند. آن‌ها کشف خود را در مقاله‌ای با توضیح منشأ تابش منتشر کردند.
- در سال ۱۹۷۷، هواپیمایی از ناسا متوجه شد تابش زمینه در نیمی از آسمان، در نتیجه‌ی پدیده‌ی دوپلر بر اثر حرکت زمین در کیهان، داغ‌تر از نیم دیگر است.


ماهواره‌ی کوبی

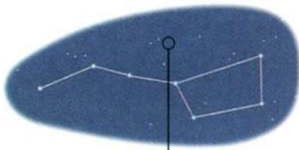
- در سال ۱۹۹۲، ماهواره‌ی کوبی نوسان‌هایی در تابش زمینه‌ی کیهانی کشف کرد که از افت و خیزهای دما و تراکم جرم در کیهان اولیه نشان داشت.
- در سال ۲۰۰۹ فضاپیمای سازمان فضایی اروپا به نام پلانک به فاصله‌ی ۱/۵ میلیون کیلومتری زمین پرتاب شد تا از آن‌جا نوسان‌های تابش زمینه‌ی کیهانی را بارها دقیق‌تر از کوبی ثبت کند.

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی رادیویی ۳۰
مهبانگ ۲۴۲
نخستین سه دقیقه ۲۴۴
شکل‌گیری کهکشان‌ها ۲۴۸

شکل‌گیری کهکشان‌ها

مکان میدان ژرف هابل



میدان ژرف هابل بخش کوچکی از آسمان را، به اندازه‌ی پهنای سر سوزنی که با بازوان کشیده به سمت آسمان گرفته شود، می‌پوشاند. این مکان بالای ستاره‌های ملاقه‌ی دب‌اکبر بود.

در جهان کنونی، ماده به صورت کهکشان‌ها جمع شده است؛ اما مهبانگ فقط مِهی از گاز را در کیهان پخش کرده بود. یکی از اسرار بزرگ نجوم این است که این گاز چگونه دور هم جمع و متراکم شده و کهکشان‌ها را شکل داده است. آیا هر کهکشان یک‌باره و جداگانه ساخته شده است یا در ابتدا، تجمع‌ها یا کلوخه‌های کوچک ماده بوده‌اند و کم‌کم بزرگ شده‌اند؟ چرا برخی کهکشان‌ها مارپیچی‌های زیبایی با انبوهی از گازند، در حالی که برخی دیگر بیضوی‌هایی هستند که همه‌ی گاز خود را به ستاره تبدیل کرده‌اند؟ چرا کهکشان‌ها در رشته‌های عظیمی با نواحی تهی در میان خود قرار گرفته‌اند؟ اخترشناسان امروز به دنبال پاسخ این پرسش‌ها هستند.

کهکشان نامنظم کوچکی، به سبب فاصله‌ی کم (۱ میلیارد سال نوری) از ما، در مقایسه با دیگر کهکشان‌های تصویری بزرگ به‌نظر می‌رسد.

در فاصله‌ی ۸ میلیارد سال نوری، کهکشان‌های کوچک ادغام می‌شوند و کهکشان بزرگ‌تری به‌وجود می‌آورند.

کهکشانی جوان، ۱۰ میلیارد سال نوری دورتر

تصویر میدان ژرف هابل حدود ۳هزار کهکشان را نشان می‌دهد که بسیاری از آن‌ها آن‌قدر کم‌نورند که در این نسخه از تصویر و بدون پردازش دقیق رایانه‌ای دیده نمی‌شوند.

میدان ژرف هابل

این تصویر تلسکوپ فضایی هابل، که در سال ۱۹۹۵ گرفته شد، نخستین نگاه بسیار عمیق به کهکشان‌هایی بود که تازه شکل گرفته و اولین ستاره‌هایشان شروع به درخشیدن کرده بودند. نور برخی از آن‌ها، تا به ما برسد، بیش از ۱۰میلیارد سال در راه بود. به این ترتیب، تصویر آن‌ها دوران خردسالی کیهان را نشان می‌دهد؛ یعنی زمانی که دوران تاریک (۳۰۰هزار سال نخست پس از مه‌بانگ) تازه به پایان رسیده و اولین ستاره‌ها متولد شده‌اند. اخترشناسان از هابل به جای یک ماشین زمان استفاده می‌کنند؛ زیرا نورهای باستانی کیهان را آشکار می‌کند. کهکشان‌هایی که تلسکوپ هابل آن‌ها را ثبت کرده، به گونه‌ای می‌بینیم که میلیاردها سال پیش بوده‌اند؛ یعنی فقط مدتی پس از مهبانگ. برای ثبت چنین جرم‌های کم‌نوری، هابل از یک نقطه‌ی آسمان (به قطر فقط ۲/۵ دقیقه قوس) طی ۱۰ روز حدود ۱۵۰ بار نور جمع‌آوری کرد. در سال ۱۹۹۸ تصویر میدان ژرف جنوبی هابل از نقطه‌ای در صورت فلکی توکان تهیه شد و بین سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ از ترکیب ده‌ها تصویر عمیق از منطقه‌ای در صورت فلکی کوره، تصویر فراژرف هابل به‌دست آمد که ۱۰هزار کهکشان را ثبت کرده است.

عصر تاریک این جهان

کیهان ۳۰۰هزار سال پس از مهبانگ، شفاف شد. نور بسیار زیاد انفجار به فروسرخ و پس از آن نیز به امواج رادیویی تابش زمینه تبدیل شد. ماده‌ای که بر جای ماند، سرد و تاریک بود، قادر به جمع کردن نور نبود و عالم ما تا زمانی که اولین ستاره‌ها شروع به درخشیدن کردند، دوره‌ی طولانی تاریکی را سپری کرد. طی این دوره‌ی کم‌نور، توده‌های ماده‌ی تاریک، که پیش از این شکل گرفته بودند، گازهای اطراف را جمع کردند و شرایط لازم را برای شکل‌گیری کهکشان‌ها به‌وجود آوردند.

رشته

فضای تهی

۱ گاز ۳۰۰هزار سال پس از مهبانگ، به درخشانی نور تولید می‌کند و نواحی داغ‌تر (صورتی) و سردتر (آبی) را به‌وجود می‌آورد. پس از آن کیهان تاریک می‌شود.

نمای نزدیک از نقشه تابش زمینه کوبی

نقاط پراکندگی گاز را نشان می‌دهند.

۲ ۳ میلیون سال بعد، گرانش ماده‌ی تاریک، گازها را در شبکه‌ای رشته‌رشته قرار داد.

۳ پس از ۳۰۰میلیون سال، کیهان از فضاهای خالی عظیمی تشکیل شده بود که رشته‌هایی از گاز چگال‌تر اطراف آن را فراگرفته بودند. زمانی که گاز به شکل کهکشان‌ها درمی‌آمد، اولین نسل ستاره‌ها شروع به درخشیدن کردند.

نخستین ستاره‌ها

نخستین ستاره‌ها کاملاً از گازهای دست اول هیدروژن و هلیوم بازمانده از مهبانگ ساخته شدند. این ستاره‌های غول، در طی زندگی کوتاه خود، عناصر دیگری مانند کربن و اکسیژن ساختند و آن‌ها را با انفجارهای اَبَرنواختری به فضا فرستادند تا نسل‌های بعدی ستاره‌ها و سیاره‌ها از آن‌ها شکل بگیرند. به‌جز هیدروژن، هلیوم و مقدار ناچیزی لیتیوم، سایر عناصری را که اکنون در عالم ما وجود دارد، ستاره‌ها تولید کرده‌اند.

نظریه‌های منشأ کهکشان

• در سال ۱۹۶۶، جیم پیبل (۱۹۳۵ -) فیزیک‌دان آمریکایی، نظریه‌ی پایین به بالا را ارائه کرد. در این نظریه، کهکشان‌ها از ابرهای کوچک به‌وجود می‌آیند.

• در سال ۱۹۶۹، یاکوف زلدوویچ (۱۹۱۴ - ۱۹۸۷) فیزیک‌دان روس، نظریه‌ی بالا به پایین را اعلام کرد. گاز اولیه و اصلی ابرهای تخت عظیمی به‌وجود آورد که به شکل کهکشان‌ها تکه‌تکه شدند.

• کشف رشته‌های عظیم کهکشان‌ها در سال ۱۹۸۱، شاهدی بر نظریه‌ی بالا به پایین بود.

• در سال ۱۹۹۵، تصویر ژرف هابل ادغام کهکشان‌های کوچک‌تر را نشان داد که شاهدی بر نظریه‌ی پایین به بالا بود.

بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ فضایی هابل ۱۴، کهکشان‌های برخوردی ۲۳۲، کهکشان‌های فعال ۲۳۶
پژواک مهبانگ ۲۴۶، ماده‌ی تاریک ۲۵۰



نخستین ستاره‌ها در مناطق چگال گاز، جایی که ابرها با هم برخورد کرده بودند، به‌وجود آمدند.

۱ احتمالاً ماده‌ی تاریک با کنار هم قرار دادن هزاران ابر گازی کوچک، راه شیری را به وجود آورده است. این ماده امروز باید در هاله‌ی کهکشان باشد.

خوشه‌های کروی و ستاره‌های نزدیک به مرکز کهکشان، از این زمان آمده‌اند.



کهکشان مارپیچی، در ۵میلیارد سال پیش، از برخورد و ادغام دو کهکشان کوچک‌تر شکل گرفته است.

کهکشان مارپیچی شبیه راه شیری، اما ۶میلیارد سال نوری دورتر.

ستاره‌ها در پیش‌زمینه و متعلق به راه شیری‌اند.

۲ گاز چگال در مرکز کهکشان می‌رمبد و سیاه‌چاله‌ی پُرجرمی با قرصی درخشان از گاز در اطراف آن به‌وجود می‌آورد که یک اختروش است.

نمای نزدیک از قرص برافزایشی اطراف سیاه‌چاله

۳ دو فوران یا جت از الکترون‌ها از دو طرف هسته‌ی اختروش بیرون می‌زنند و ابرهای نامرئی از گاز داغ به پهنای ۱ میلیون سال نوری، به‌وجود می‌آورند. این ابرها در امواج رادیویی و پرتو ایکس نمایان می‌شوند.

راه شیری در امروز

ستاره‌های پیر

سیاه‌چاله درون هسته اکنون آرام است.

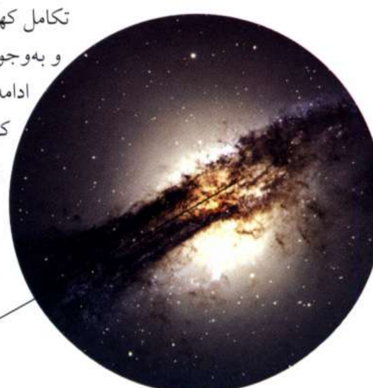
ستاره‌های جوان و گاز

تولّد یک کهکشان

تصویر ژرف هابل نشان می‌دهد بسیاری از کهکشان‌ها از ادغام ابرهای گاز به‌وجود می‌آیند. اگر گازها دور هم می‌گردند، کهکشانِ حاصل، مارپیچی چرخانی با مقداری گاز است که از ابر پیش‌کهکشان اولیه باقی مانده است. بنا بر یکی از نظریه‌های پیش‌رو، اگر ابرها چرخش نداشته باشند، همه‌ی گاز به ستاره تبدیل می‌شود و توپی ستاره‌ای بدون گاز یا کهکشانی بیضوی به‌وجود می‌آید. سایر بیضوی‌ها از برخورد دو کهکشان در سرعت‌های بالا فوران ستاره‌سازی و مصرف گازهای میان‌ستاره‌ای به‌وجود می‌آیند.

تکامل ادامه می‌یابد

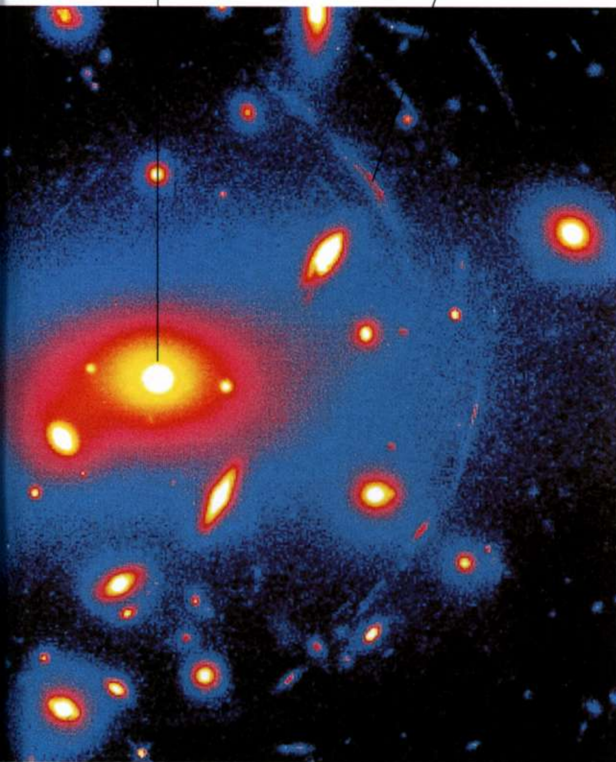
تکامل کهکشان‌ها، با ادغام کهکشان‌های کوچک و به‌وجود آمدن کهکشانی بزرگ‌تر، امروز نیز ادامه دارد. معمولاً کهکشانی بزرگ، کهکشانی کوچک‌تر را جذب می‌کند. کهکشان رادیویی بیضوی غول‌پیکر قنطورس A به تازگی (البته در مقیاس زمان کیهانی) یک کهکشان مارپیچی را بلعیده است.



نوار تاریک از گاز و غبار در قنطورس A، بازمانده از کهکشان مارپیچی است که با آن ادغام شده است.

مادهٔ تاریک

جرم‌هایی که در کیهان می‌بینیم، سیاره‌ها، ستاره‌ها، ابرهای گازی و کهکشان‌ها، فقط کسر کوچکی (حدود ۵درصد) از تمام ماده و انرژی کیهان را به‌وجود می‌آورند. بیش از ۲۰ برابر آن‌ها به صورت ماده‌ی نامرئی یا ماده‌ی تاریک و پدیده‌ای به نام انرژی تاریک است که حتی با بزرگ‌ترین تلسکوپ‌ها نیز هیچ تابشی از آن‌ها دیده نمی‌شوند. گرانش ماده‌ی تاریک بر ستاره‌ها، کهکشان‌ها و امواج نوری که در کیهان سفر می‌کنند، تأثیر می‌گذارد. اخترشناسان اکنون می‌دانند که ماده‌ی تاریک وجود دارد. در حقیقت، انواع گوناگونی از آن، از ستاره‌های کوچک تا ذرات ریز اتمی، وجود دارد. اما ماهیت انرژی تاریک مبهم‌تر است وحتی برخی آن‌را به سبب اشتباه در نظریه‌ها و محاسبات می‌دانند.

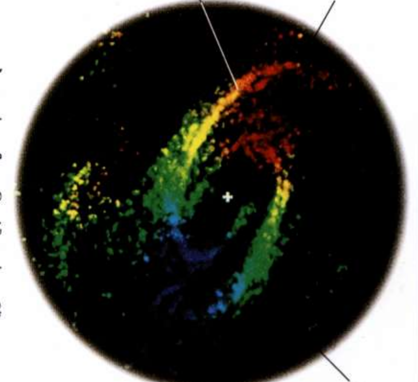


سراب‌های کیهانی

قوس‌های روشنی که در این تصویر هابل دیده می‌شود، مانند رشته‌های تار عنکبوت کیهانی، شاهدی قوی بر وجود ماده‌ی تاریک است. خوشه‌ی ایبل ۲۲۱۸، خوشه‌ای کهکشانی در فاصله‌ی ۳میلیارد سال نوری است که با نیروی گرانش خود مانند عدسی برای پرتوهای رسیده از دورتر عمل می‌کند. گرانش این ماده، مطابق نسبیت عام اینشتین، نور کهکشان‌های دوردست را منحرف می‌کند و کمانی از نور از آن‌ها می‌سازد که به آن سراب کیهانی می‌گویند. گرانشی که چنین تأثیری بر نور می‌گذارد، ۱۰ بار بیش‌تر از چیزی است که کهکشان‌های مرئی موجود در تصویر تولید می‌کنند. پس ۹۰درصد از جرم این خوشه، از ماده‌ای نامرئی یا تاریک است.

کهکشان‌های چرخان

چرخش سریع کهکشان‌های مارپیچی نشان می‌دهد هاله‌ی وسیعی از ماده‌ی تاریک، آن‌ها را دربرگرفته است. اگر این ماده‌ی تاریک نبود، جرم‌های خارجی کهکشان، که با سرعتی حدود ۲۰۰ کیلومتر بر ثانیه می‌گردند، به فضا پرتاب می‌شدند.



کهکشان مارپیچی M۸۱

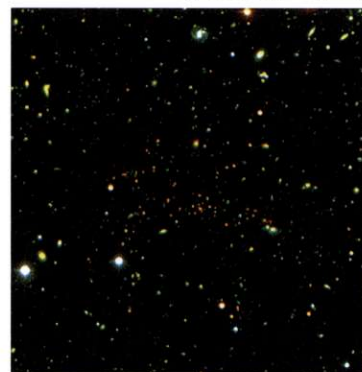
ماچوها

ممکن است ماده‌ی معمولی به صورت جرم‌های کوچکی (اندازه‌ی سیاره)، که نامرئی‌اند، مانند کوتوله‌های قهوه‌ای (ستاره‌های نارَس) یا سیاه‌چاله‌ها، برآمده باشد. تصور می‌شود بیش‌تر این جرم‌ها در هاله‌ای اطراف کهکشان‌ها جمع شده‌اند. نام این جرم‌ها ماچو یا جرم‌های پُرجرم و فشرده‌ی هاله است. اخترشناسان با ثبت اثر عدسی گرانشی این جرم‌ها بر نور ستاره‌های کهکشان همسایه‌ی ما، ابر بزرگ ماژلان بزرگ، تعدادی از ماچوها را یافته‌اند اما نتیجه‌ی کلی نشان می‌دهد آن‌ها نمی‌توانند درصد قابل توجهی از ماده‌ی تاریک کهکشانی باشند.

نوری که به زمین می‌رسد کانونی و پرنورتر می‌شود.

تلسکوپی در زمین

خوشه کهکشانی CL۰۰۲۴ + ۱۶۵۴

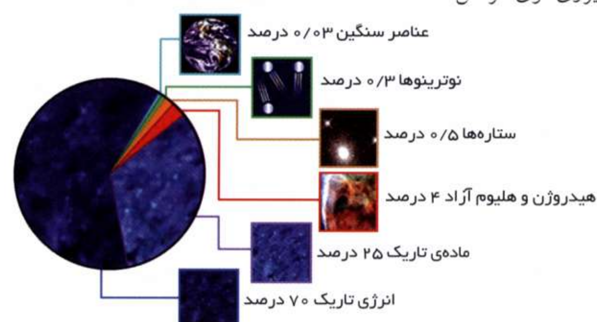


کهکشان‌های پرسرعت

نخستین مدرک مبنی بر وجود ماده‌ی تاریک از خوشه‌های کهکشانی به دست آمد. در دهه ۱۹۳۰، ویتس زوییکی، متوجه شد کهکشان‌ها در خوشه‌های خود آن‌قدر با سرعت حرکت می‌کنند که باید خوشه از هم بپاشد؛ گرانش ماده‌ای که دیده نمی‌شود احتمالاً آن‌ها را کنار هم نگه می‌دارد. پس از آن، اخترشناسان در پرتو ایکس گازهای دائمی در خوشه‌ها یافتند که آن‌ها نیز تحت تأثیر نیروی قوی گرانش ماده‌ی نامرئی بودند.

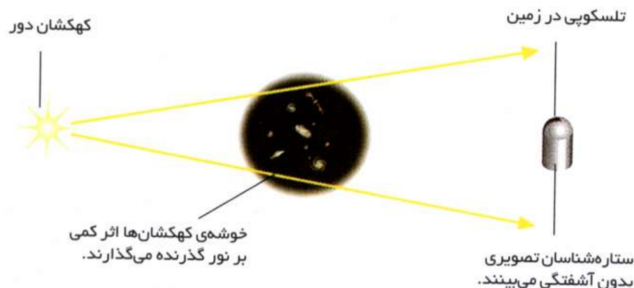
انرژی تاریک و ماهیت ماده‌ی تاریک

اخترشناسان می‌توانند بر اساس نظریه‌ی مهبانگ و پیش‌بینی‌های ریاضی آن، فاصله‌ی سنجیده شده‌ی کهکشان‌های دور را با سنّ کیهان مقایسه کنند و آهنگ یا شتاب انبساط کیهان را دریابند. این شتاب به ما می‌گوید که ماده یا اثر گرانشی کل کیهان چه‌قدر بوده است که با تأثیر کاهنده‌ی خود بر انبساط سبب شتاب امروزی شده است. بر اساس این روش سرعت کهکشان‌های دور چنان زیاد است که ۷۰درصد از کل اثر گرانش عالم ما به صورت ماده یا پدیده‌ای با نیروی ضدّ گرانش است که در مقیاس‌های بزرگ همه چیز را به شدت از هم می‌گریزاند. به این پدیده، که ماهیت ناشناخته‌ای دارد، انرژی تاریک می‌گویند. از ۳۰درصد باقی‌مانده، ۲۵درصد (بیش از ۸۰درصد از آن) ماده‌ی تاریک و احتمالاً بیش‌تر به صورت ذرات اتمی نامرئی مانند ویمپ است و درصد جزئی نیز شامل ماچوها می‌شود. از ۵درصد باقی‌مانده، ۴درصد گاز هیدروژن و هلیوم میان‌ستاره‌ای و میان‌کهکشانی است (یعنی ۸۰درصد ماده‌ی عادی) و فقط ۰/۵درصد از جرم کیهان را ستاره‌ها تشکیل می‌دهند. ۰/۵ درصد باقی‌مانده نیز نوترینوها و ذرات اتمی سنگین‌ترند.

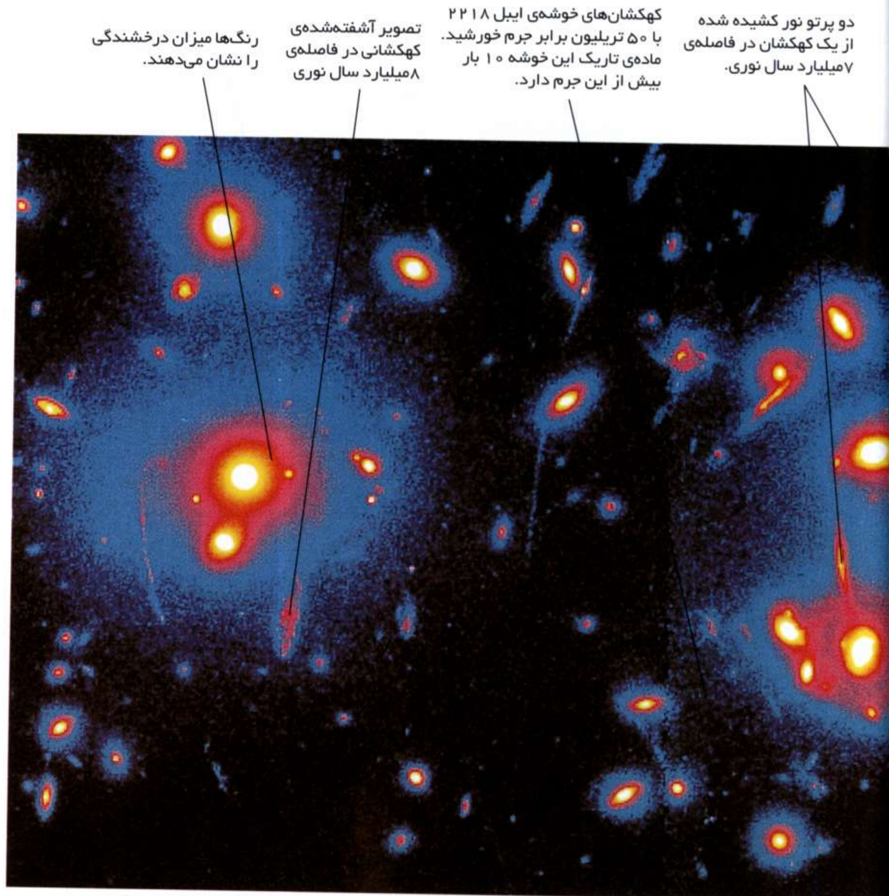


عدسی گرانشی چگونه عمل می‌کند؟

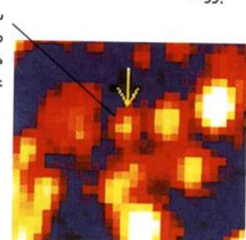
نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین پیش‌بینی کرده بود گرانش نور را در مسیر راست خود خم می‌کند. زمانی که نور کهکشانی دوردست در مسیر خود، به سمت زمین، از خوشه‌ای از کهکشان‌ها عبور می‌کند، گرانش خوشه‌ی نور را خم و کانونی می‌کند. اگر کهکشان دور دقیقاً در پشت خوشه قرار داشته باشد، نور آن به شکل دایره‌ای می‌شود که به آن حلقه‌ی اینشتین می‌گویند. معمولاً چون کهکشان دقیقاً در مرکز نیست، فقط بخش‌هایی از حلقه، مانند کمان‌هایی از دایره تشکیل می‌شوند.

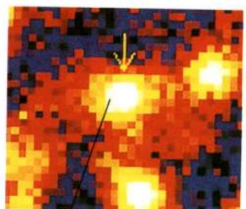






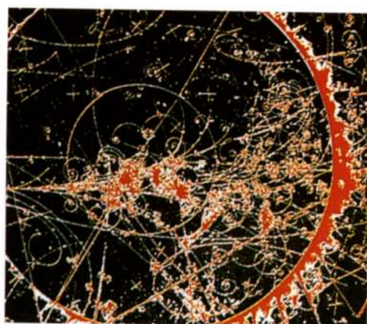






اثر ماچوها

هنگامی که ماچویی از مقابل ستاره‌ای دوردست عبور کند، گرانش ماچو نور ستاره را کانونی و مدتی درخشان می‌کند. اخترشناسان در ابر بزرگ ماژلان ستاره‌هایی یافته‌اند که با همین روش درخشان‌تر شده‌اند.



نوترینوها

مهبانگ، کیهان را پُر از نوترینو کرد. پیش از این تصور می‌شد این ذرات جرم ندارند؛ اما اکنون تجربه نشان داده است نوترینوها حدود $\frac{۱}{۱۰۰,۰۰۰}$ جرم الکترون دارند؛ به سبب تعداد بسیار زیاد نوترینوها در سراسر این جهان، این جرم آن‌قدر هست که بخش کوچکی از ماده‌ی تاریک را تشکیل دهد.

تعمیر و آماده‌سازی آشکارساز کرست ویمپ در ایتالیا



ویمپ‌ها

تصور می‌شود مهبانگ ذرات ریز اتمی و پُرجرمی با برهم‌کنش ضعیف یا ویمپ به‌وجود آورده باشد. ذره‌ی ویمپ از یک هیدروژن سنگین‌تر است و معمولاً از درون ماده‌ی بدون برهم‌کنش، به خط مستقیم عبور می‌کند. اگر بیش‌تر ماده‌ی تاریک از ویمپ‌ها باشد، اکنون هزاران ویمپ در حال عبور از درون بدن شما هستند. فیزیک‌دانان می‌کوشند کشف کنند که آیا ذرات ویمپ واقعاً وجود دارند یا نه؟

بیشتر بدانیم

اخترشناسی رادیویی ۳۰
ویژگی‌های ستاره‌ها ۱۸۸
خوشه‌های کهکشانی ۲۳۴
نخستین سه دقیقه ۲۴۴
شکل فضا ۲۵۲

شکل فضا

از زمان‌های گذشته، مردم این جهان را به شکل کره‌ای توخالی، با مرکز و لبه می‌پنداشتند. اما امروز اخترشناسان می‌دانند که هندسه‌ی عالم ما چنین ساده نیست؛ شکل بزرگ مقیاس کیهان تحت‌تأثیر گرانش ماده‌ی درون آن است و در سلطه‌ی نیروهای پنهانی که در ساختار خود فضا هستند، قرار دارد. در حقیقت، این جهان هیچ مرکز یا لبه‌ای ندارد. بنا بر رصدهای اخیر، با آن‌که میزان جرم کیهان متناهی و قابل محاسبه است، مرز ندارد و در همه‌ی جهات تا ابد کشیده شده است. ما فقط می‌توانیم بخشی از این جهان بی‌نهایت (عالم قابل مشاهده) را ببینیم.

نمایی سه بعدی از گرانش ستاره

در حقیقت، فضا به بعد چهارم خم می‌شود که در این‌جا قابل مجسم کردن نیست.

این مدل سه بعدی فضای خالی را با خطوط مستقیمی، که نشان‌دهنده‌ی چارچوبی نامرئی است، به تصویر می‌کشد.

زمانی که گرانش فضا را خم می‌کند خطوط موازی به هم می‌رسند.

جسمی پُرجرم، مانند یک ستاره، ساختار فضا را به‌هم می‌زند. این آشفتگی به شکل نیروی گرانش حس می‌شود.

نمای دو بعدی از گرانش ستاره

نمود دو بعدی فضای اطراف یک ستاره، فضای خالی را به صورت صفحه‌ای تخت نمایش می‌دهد.

آشفتگی فضا بر اثر جرم ستاره، چاهی به‌وجود می‌آورد؛ مانند توپ سنگینی که روی برکه‌ای قرار بگیرد.

اجرامی که از نزدیکی چاه عبور می‌کنند، روی آن می‌غلتند. این عمل به صورت گرانش دیده می‌شود.

کیهان حدّ و اندازه‌ای در بزرگی ندارد و هرچه منبسط شود، فضا نیز ایجاد می‌شود.

فضای خمیده

بنا بر نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین، فضا فقط محیطی خلاء نیست؛ بلکه چارچوبی نامرئی است که ستاره‌ها و کهکشان‌ها در آن قرار گرفته‌اند. این جرم‌های بزرگ، چارچوب را تغییر می‌دهند و در فضای اطراف خود خمیدگی ایجاد می‌کنند. سه بعد عادی فضا، در فضای چهاربعدی خمیده می‌شود. چون تصور چنین رخ‌دادی دشوار است، اخترشناسان این پدیده را این‌گونه ساده می‌کنند که کیهان صفحه‌ی پلاستیکی تختی می‌شود که جرم یک جسم خارجی آن را خم می‌کند.

کیهان تاب‌خورده

در بزرگ‌ترین مقیاس ممکن، جرم کل کیهان، فضا را دور خود می‌پیچاند. نظریه‌ی نسبیت عام پیش‌بینی می‌کند این جهان به سه طریق، بسته به چگالی ماده‌ی درون آن، انحنا می‌یابد. دوباره ورقه‌ی پلاستیکی را به‌یاد آورید. ممکن است کیهان تخت باشد؛ ممکن است به درون انحنا پیدا کند و دوباره به خودش برسد یا امکان دارد مانند زین اسب، به بیرون انحنا پیدا کند.

اگر ماده‌ی کمتری در عالم باشد، فضا فقط بی‌نهایت و بدون لبه نخواهد بود. انبساط عالم فضا را به بیرون کش می‌دهد و انبساط تا ابد ادامه پیدا می‌کند (عالم باز).

فضا با انحنای منفی

اگر ماده‌ی زیادی در عالم باشد، فضا با گرانش این ماده، روی خود خم می‌شود. حتی ممکن است عالمی بسته به وجود آید و پس از مدتی انبساط متوقف شود و همه چیز برعکس آن روی خود فروبریزد (عالم بسته).

فضا با انحنای مثبت

اگر درست به اندازه‌ی خاصی ماده باشد (به اندازه‌ی جرم بحرانی) فضا کاملاً تخت و بی‌نهایت و بدون هیچ لبه‌ای (عالم ایستا یا پایدار) می‌شود.

فضای تخت

همان‌طور که ماده از زمان مهبانگ به بیرون پرتاب شده است، فضا نیز هم‌چنان در حال انبساط است.

فضای تخت

ثابت کیهان‌شناختی به انبساط فضا سرعت می‌دهد.

کشیده شدن فضای تخت

فضای کِش‌سان

جرم هر جسمی تمایل دارد فضای اطراف را به سوی خود خم کند. اما اکنون بسیاری از اخترشناسان عقیده دارند نیروی دیگری، پنهان در خود فضا، اثر برعکس دارد و نیرویی رو به بیرون به فضا وارد می‌کند. نیروی پنهان، که ثابت کیهان‌شناختی نام دارد، اولین بار در معادلات نسبیت عام اینشتین دیده شد. اما او بعدها آن را بزرگ‌ترین اشتباه خود نامید. ثابت کیهان‌شناختی فضای بین ساختارهای بزرگ مقیاس عالم را آرام‌آرام می‌گستراند. امروز به این اثر، انرژی تاریک می‌گویند.

عالم بی‌کران

مجسم کردن این جهان، آن‌طور که از دید موجودی خارج از فضا و زمان ما دیده شود، برای ما امکان‌پذیر نیست. این شبیه‌سازی سه بعد فضا را در دو بعد نمایش می‌دهد. کیهان، مانند پوسته‌ی بادکنکی که باد می‌شود، در حال انبساط است و مانند سطح بادکنک، لبه یا مرکزی ندارد. زمانی که به فضای اطراف می‌نگریم، به‌نظر می‌رسد در مرکز کیهان (قابل مشاهده) هستیم که از هر جهت تا ۱۳میلیارد سال نوری کشیده شده است. اما مکان ما در کیهان هیچ جایگاه ویژه‌ای ندارد و دو ناظر از هر جای کیهان به همین نتیجه می‌رسند. همه‌چیز نسبی است و عالم قابل مشاهده‌ی ما فقط بخش کوچکی از دنیای بی‌کران است.

فضای اطراف اجتماع بزرگی از ماده، به شدت به درون خم می‌شود.

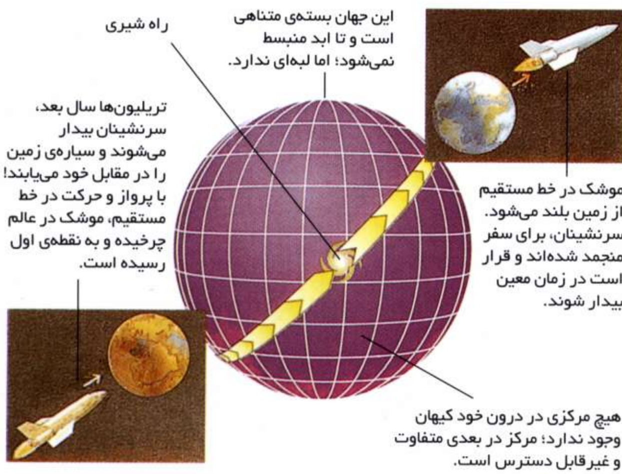
خطوط منحنی، مختصات خمیدگی فضا را به درون، بر اثر ماده و به بیرون، بر اثر ثابت کیهان‌شناختی، نشان می‌دهد.

به‌نظر می‌رسد راه شیری، مرکز عالم ماست. این عالم در هر جهت ۱۳ میلیارد سال نوری کشیده شده است و این بیش‌ترین فاصله‌ای است که نور می‌توانست از زمان مهبانگ طی کند.

راه شیری

عالم بسته

اگر ماده‌ی موجود در این جهان کافی باشد، فضا چنان خمیده می‌شود که دوباره به خود می‌رسد و کیهانی بسته به‌وجود می‌آورد. نور یا فضانوردی فرضی که در این عالم سفر می‌کند، بدون این‌که به انتهایی برسد، کیهان را دور می‌زند. گرانش ماده در عالم بسته سرانجام سبب توقف انبساط و آغاز رمبش بزرگی به سوی یک نقطه می‌شود. اخترشناسان دریافته‌اند که کهکشان‌های قابل مشاهده، برای بسته بودن کیهان جرم کافی ندارند و اندازه‌گیری‌های جدید نیز نشان می‌دهد اثر جاذبه‌ی ماده‌ی تاریک بسیار کمتر از دافعه‌ی انرژی تاریک است. در نتیجه، بعید است که ما در عالمی بسته باشیم.



کهکشان دوردست

کیهان قابل مشاهده از دید کهکشانی دوردست نیز شعاعی برابر ۱۳ میلیارد سال نوری دارد. این بخش از کیهان، ممکن است با کیهان قابل مشاهده‌ی ما هم‌پوشانی نداشته باشد؛ پس نمی‌توانیم آن را ببینیم و ساکنان آن نیز نمی‌توانند راه شیری ما را ببینند.

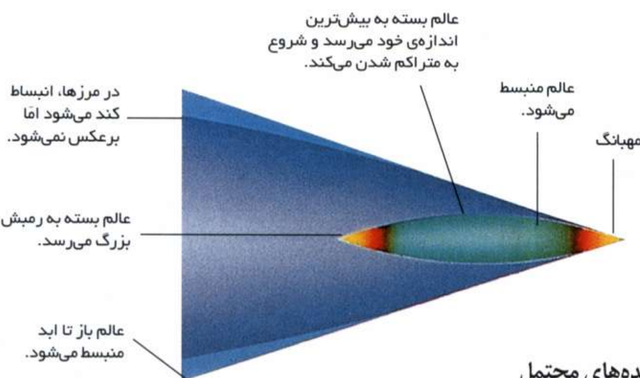
گرانش ماده‌ی مرئی و تاریک، منحنی‌های ملایمی را در شکل کلی و بزرگ مقیاس فضا ایجاد می‌کند.

بیش‌تر بدانیم

درون سیاه‌چاله ۲۱۰
مقیاس کیهان ۲۳۸
انبساط کیهان ۲۴۰
مهبانگ ۲۴۲
ماده‌ی تاریک ۲۵۰
آینده‌ی دور ۲۵۴

آینده‌ی دور

تلسکوپ‌های بزرگ، ماشین‌های زمان هستند؛ زیرا میلیاردها سال طول می‌کشد تا نور کهکشان‌های دوردست، به زمین برسند و کیهان را در گذشته‌ای دور نشان می‌دهند. اما اخترشناسان می‌توانند آینده‌ی کیهان را نیز پیش‌بینی کنند. بنا بر مقدار ماده‌ای که در کیهان وجود دارد، سه آینده برای آن پیش‌بینی می‌شود: عالم چگال از جرم، سرانجام انبساط را متوقف می‌کند و زیر فشار گرانشی خود منقبض می‌شود؛ عالمی نسبتاً خالی از ماده، تا ابد به انبساط خود ادامه خواهد داد. حالت سوم عالمی که جرم آن درست در آستانه‌ی توقف انبساط، اما نه در حدّی است که انقباض را شروع کند و در نتیجه، به عالمی ایستا منجر می‌شود. در هر حال، اکنون شواهد به سمت گزینه‌ی دوم است: عالم ما فقط با سرعت ثابتی منبسط نمی‌شود؛ بلکه انبساط آن شتاب‌دار است.



آینده‌های محتمل

سرنوشت و آینده‌ی کیهان به مقدار ماده‌ی درون آن بستگی دارد. ماده‌ی بسیار کم سبب عالمی باز می‌شود که تا ابد انبساط دارد. اگر ماده‌ی کافی برای خم کردن فضای اطراف باشد، عالم بسته‌ای پدید می‌آید که روزی بر خود خواهد رُمبید. ممکن است آن‌قدر ماده باشد که فقط انبساط را کُند و سرانجام، آن را متوقف کند؛ اما نتواند سبب رمبش و انقباض شود.

عالم باز

عالمی که جرم کمی دارد، باز است و تا ابد منبسط و سرد می‌شود. این شبیه به عمری ابدی است؛ اما در حقیقت، مرگی آرام و تدریجی است. پس از تریلیون‌ها سال، همه‌ی ستاره‌های همه‌ی کهکشان‌ها خواهند مرد. حتی سیاه‌چاله‌های اَبَرپُرجرم در مرکز کهکشان‌ها باقی نخواهند ماند. سرانجام عالم ما به شکل تصورناپذیری سرد و تاریک خواهد شد و فقط خانه‌ای برای دسته‌ی کوچکی از ذرات ریز اتمی به‌حساب خواهد آمد.

۲ پس از ۱۰ تریلیون تریلیون سال، راه شیری قبرستانی از اجساد ستاره‌ای خواهد شد که دور سیاه‌چاله‌ی ابرپُرجرم مرکزی می‌گردند.

عالم باز

عالم امروز

امروز، کهکشان‌ها، مانند راه شیری، هنوز در آغاز راه خود هستند. در کهکشان‌های مارپیچی و نامنظم، ستاره‌ها متولّد می‌شوند و گاز و غبار زیادی برای تولّد آن‌ها در آینده وجود دارد. بازوهای مارپیچی راه شیری با سحابی‌های درخشان و ستاره‌های داغ، جوان و آبی، جواهرنشان شده‌اند.

عالم بسته

پس از چند تریلیون تریلیون سال انبساط، عالم آرام‌آرام متوقف می‌شود. تا آن زمان، کهکشان مدت‌هاست که با تک سیاه‌چاله‌ی مرکزی، که بقایای ستاره‌ها آن را دربرگرفته‌اند، مرده است.

ستاره‌های پیر در مرکز

۱ ۱ تریلیون سال پس از مهبانگ، راه شیری همه‌ی گاز و غبار خود را مصرف خواهد کرد و دیگر ستاره‌ی جدیدی متولد نخواهد شد. حتی ستاره‌هایی با بیش‌ترین طول عمر نیز خواهند مرد و بازوهای مارپیچی ناپدید خواهند شد.

عالم بسته

اگر مقدار کافی ماده باشد، عالم بسته است. انبساط متوقف خواهد شد و گرانش کیهان را بر خود می‌بندد و انقباضی عظیم رخ خواهد داد: رُمبش بزرگ که درست برعکس انفجار بزرگ است. مواد فشرده می‌شوند و دمای کیهان بالا می‌رود. ماده‌ی باقی‌مانده به اتم‌ها و سپس به ذرات ریز اتمی متلاشی می‌شود. سیاه‌چاله‌ها تحت تأثیر گرمای زیاد قرار می‌گیرند و با هم ادغام می‌شوند. در نهایت، یک مِگاسیاه‌چاله به‌وجود می‌آورند که همه‌ی ماده باقی‌مانده را می‌بلعد.

تولد ستاره‌ها در بازوهای مارپیچی

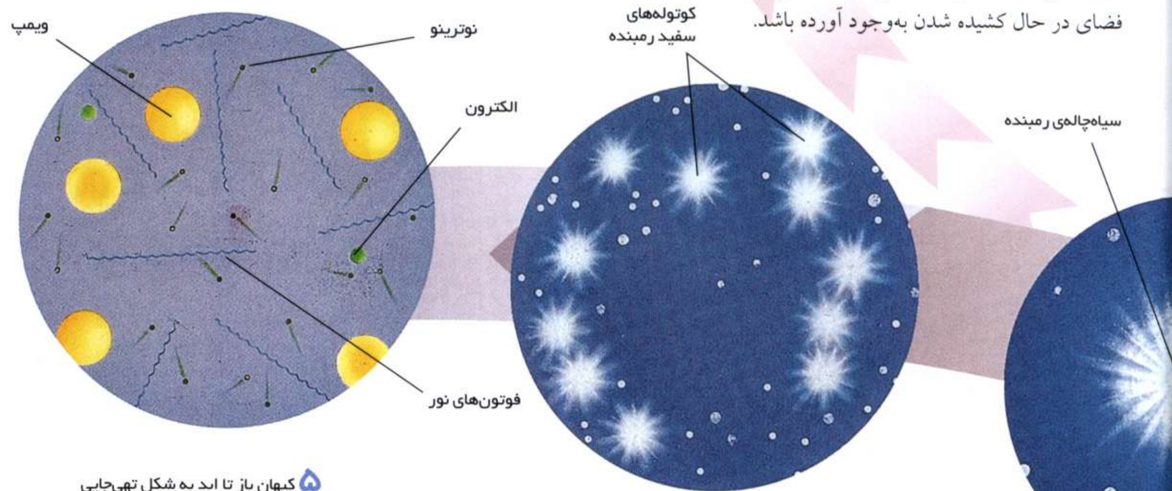
مسیر تحول عالم

عالم شتاب‌دار

سرنوشت نهایی این جهان هرچه باشد، گرانش باید آن را کُند کند؛ اما رصدهای اخیر نشان می‌دهد امکان دارد انبساط با شتاب مثبت ادامه یابد. کهکشان‌های دوردست از زمان مهبانگ بسیار دورتر از انتظارند و بسیار سریع‌تر سفر می‌کنند. اخترشناسان نیروی رانشی را، که کهکشان‌ها را از هم دور می‌کند، ثابت کیهان‌شناختی یا انرژی تاریک می‌نامند. ممکن است این نیرو را خودِ فضای در حال کشیده شدن به‌وجود آورده باشد.

فاصله‌های اَبَرنواختری

ستاره‌های منفجر شونده‌ای به نام اَبَرنواخترهای نوع اول، بیشینه‌ی درخشندگی ثابت و مشخصی دارند. با ثبت این ستاره‌ها در کهکشان‌ها، اخترشناسان می‌توانند فاصله‌های کیهان را بیابند. آن‌ها متوجه شدند که دورترین کهکشان‌ها، دورتر از آن هستند که نظریه‌ی مهبانگ پیش‌بینی می‌کند. پس انبساط کیهان باید تندشونده باشد.



۵ کیهان باز تا ابد به شکل تهی‌جایی بسیار سرد منبسط می‌شود. ذرات ریز اتمی پراکنده و کمی در فضاهای خالی آن حرکت می‌کنند. همه‌ی آن‌ها مدت‌ها پیش در مهبانگ به‌وجود آمده‌اند.

۴ بسیار بسیار دورتر در آینده، کوتوله‌های سفید و ستاره‌های نوترونی برهم می‌رمبند و نسل جدیدی از سیاه‌چاله‌ها به‌وجود می‌آیند. سرانجام، آن‌ها نیز به صورت تابش تبخیر و نابود می‌شوند.

۳ تا 10^{100} سال (یک با صد عدد صفر) پس از مهبانگ حتی سیاه‌چاله‌های ابرپُرجرم نیز به صورت تابش از بین می‌روند. ممکن است شمار کمی ستاره‌ی نوترونی و کوتوله‌های سفید تا آن زمان باقی بمانند.

۱۰۰٫۰۰۰ میلیون سال تا رُمبش بزرگ

۳ میلیون سال تا رُمبش بزرگ

آخرین سه دقیقه

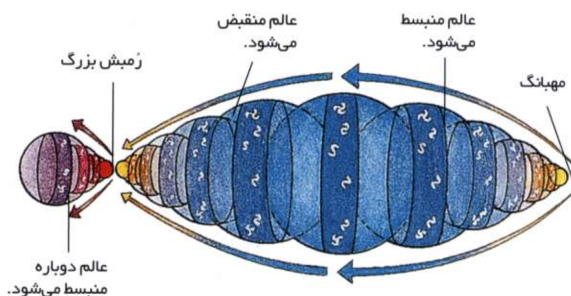
با انقباض کیهان، کهکشان‌ها نیز ادغام می‌شوند. دمای زمینه‌ی کیهانی تا ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش می‌یابد.

دمای زمینه‌ی کیهان بیش‌تر از ستاره‌هاست، بنابراین، مواد ستاره‌ها در فضا پخش و کیهان، دریایی از اتم‌ها می‌شود.

سیاه‌چاله‌های ابرپُرجرم در مرکز کهکشان‌ها ادغام می‌شوند. کیهان آن‌قدر داغ می‌شود که هسته‌ی اتم‌ها دیگر نمی‌توانند کنار هم بمانند و به ذرات ریز اتمی شکسته می‌شوند که سیاه‌چاله‌ها آن‌ها را می‌بلعند.

سرانجام، همه‌ی کیهان به یک مگاسیاه‌چاله، به رُمبش بزرگ، تبدیل می‌شوند.

عالم نوسان‌کننده



عالم‌های جدید

برخی اخترشناسان می‌پندارند رُمبش بزرگ، پایان کار عالم بسته نیست. آن‌ها عقیده دارند عالم نوسان می‌کند، منبسط، فشرده و سپس دوباره متولّد می‌شود. آن‌ها پیش‌بینی می‌کنند عالم جدید منبسط‌شونده از مگاسیاه‌چاله‌ی نهایی پدید می‌آید. چون ماده کاملاً در مرحله‌ی رُمبش بزرگ از بین رفته است، عالم جدید ذرات و قوانین فیزیکی کاملاً متفاوتی خواهد داشت.

سرنوشت‌های کیهان

• در دهه‌ی ۱۸۵۰ میلادی، فیزیک‌دان انگلیسی، لرد کلوین (۱۹۰۷ - ۱۸۲۴) و فیزیک‌دان آلمانی، رُدلف کلاوسیوس (۱۸۸۸ - ۱۸۲۲) مستقل از هم پیشنهاد کردند که کیهان به آهستگی از سرما می‌میرد.

• در سال ۱۹۲۲، اخترشناس روس، الکساندر فریدمان (۱۹۲۵ - ۱۸۸۸)، بر اساس محاسباتی به این نتیجه رسید که کیهان سه سرنوشت محتمل دارد.

• در سال ۱۹۷۳، فیزیک‌دان آمریکایی هوارد م. گئورگی (متولد ۱۹۴۷) به این نتیجه رسید که ممکن است پروتون‌ها در کوتوله‌های سفید و ستاره‌های نوترونی سرانجام واپاشیده و «تبخیر» شوند.

• در سال ۱۹۷۴، استفان هاوکینگ پیش‌بینی کرد که امکان دارد سیاه‌چاله‌ها در چشم برهم زدنی ناپدید شوند.

• در سال ۱۹۷۹، فیزیک‌دان انگلیسی فریمَن ج. دایسون (متولد ۱۹۲۳)، بر اساس محاسباتی به این نتیجه رسید که کوتوله‌های سفید و سیاه نوترونی سرانجام با ادغام در هم، سیاه‌چاله می‌شوند.

• اندازه‌گیری‌های جدید در سال ۱۹۹۷ نشان داد که کیهان آن‌قدر جرم ندارد که به سوی رُمبش بزرگ برود.

تلسکوپی که برای کاوش آینده‌ی کیهان به‌کار می‌رود.



• در سال ۱۹۹۸، گروه‌های متعددی از اخترشناسان فاصله‌های اَبَرنواخترهای کهکشان‌های دوردست را اندازه گرفتند و به این نتیجه رسیدند که انبساط کیهان در حال شتاب گرفتن است. این نخستین مدرک رصدی از انرژی تاریک بود.

بیش‌تر بدانیم

سیاه‌چاله‌ها ۲۰۸
مقیاس کیهان ۲۳۸
مهبانگ ۲۴۲
ماده‌ی تاریک ۲۵۰
شکل فضا ۲۵۲

حیات در دنیاهای دیگر

یکی از مهم‌ترین پرسش‌های انسان این است که آیا حیات بیرون از زمین وجود دارد؟ آیا ما در کیهان تنها هستیم؟ اکنون سیاره‌های بسیاری در اطراف ستاره‌های دیگر کشف شده‌اند و میلیاردها ستاره‌ی مادر، که برای زندگی مناسب هستند، در کهکشان ما وجود دارند. می‌دانیم عناصر سازنده‌ی حیات، کربن، هیدروژن و اکسیژن، در فضا فراوان‌اند. اما اگر ما حیات فرازمینی را بیابیم، متوجه آن می‌شویم؟ شاید حیات بیگانه، شبیه حیات ما نباشد؛ همان‌گونه که حیات در زمین، گوناگونی بسیار دارد.

حیات متفاوت

ممکن است تکامل در راه‌های عجیبی سیر کند. این موجود خیالی به نام آرنولد را زیست‌شناسی طراحی کرده است که نشان می‌دهد اگر موجودات دیگری در ۵۷۰میلیون سال پیش در مسیر تکامل قرار می‌گرفتند، حیات هوش‌مند در زمین چگونه می‌شد. محیط پیرامونی که آرنولد را به‌وجود آورده، کاملاً شبیه محیطی است که انسان در آن به وجود آمده است.



آرنولد ـ بیگانه‌ای از زمین

سیاره‌ی اورسا

ستاره‌ی ۴۷ـ دب‌اکبر حداقل دو سیاره‌ی شناخته شده‌ی پرجرم‌تر از مشتری دارد و به‌نظر می‌رسد سیاره‌های بسیار دیگری نیز داشته باشد. این شبیه‌سازی، سیاره‌ی فرضی کوچکی به نام اروسا را با گرانش کمی در مرزهای بیرونی این منظومه‌ی سیاره‌ای نشان می‌دهد که برخی گونه‌های حیات در آن تحول یافته است. این موجودات قد بلند، زمانی که سرد است در خود می‌پیچند؛ چشمان بزرگی دارند که در تاریکی می‌بینند و به گونه‌ای تحول یافته‌اند که در هوای رقیق تنفس می‌کنند. ستاره‌ی ۴۷ـ دب‌اکبر در فاصله‌ی حدود ۴۶ سال نوری از ما قرار دارد. سنّ آن حدود ۶میلیارد سال، ستاره‌ای شبیه خورشید، اما با ۶۰درصد درخشندگی بیش‌تر است. این ستاره از قدر ۵ در شبی تاریک حتی با چشم غیر مسلح نیز دیده می‌شود.

مرد اورسایی آبشش‌های خارجی خود را باز کرده است تا در هوای رقیق سیاره تنفس کند.

چشمان درشت در نور کم باز می‌شوند.

حلقه‌ای از چشمان شبکه‌ای، در محیط پرنور کار می‌کند و نمایی در همه‌ی جهات می‌دهد.

دهان در سطح زمین، گیاهانی را که غذای اورسایی‌هاست، می‌خورد.

اندام‌های جنسی، شاخک‌هایی قفل شونده‌اند.

زن اورسایی دور نوزاد خود، که از یک شاخک به‌وجود آمده، حلقه زده است. زمانی که نوزاد بزرگ شود، به اندامی جدا و حیاتی مستقل تبدیل خواهد شد.

لازمه‌های حیات

این‌که حیات دقیقاً چگونه از عناصر بنیادی، که در زمین وجود داشتند، شکل گرفته است، مشخص نیست. اما بی‌شک یکی از عوامل بسیار مهم، محیط مساعد بوده است. این استروماتولیت‌ها، بازمانده‌هایی از حیات ابتدایی زمین‌اند که در استرالیای غربی زندگی می‌کنند. محیط آن‌ها وضعیت ابتدایی لازم برای حیات را نشان می‌دهد: گرما، نور و جوّ مناسب (برای حیات روی سطح) و آب برای کمک کردن به واکنش ترکیبات شیمیایی لازم برای حیات.



استروماتولیت‌ها در خلیج کوسه، استرالیای غربی

استروماتولیت‌ها خزه‌های بزرگ هستند.

درخت اورسایی

گیاهان اورسایی به جای سبز، بنفش‌اند؛ زیرا عمل فوتوسنتز در آن‌ها از گونه‌ی دیگری از کلوروفیل استفاده می‌کنند. در گرانش کم، گیاهان قد بلندی پیدا می‌کنند.

هوا در اورسا بسیار رقیق است. در نتیجه، حیوانات و گیاهان برای جذب آن، به سطوح پهنی نیاز دارند.

آب، درست مانند زمین، برای حیات در اورسا ضروری است. چون آب برای حل کردن مواد شیمیایی ماده‌ای بسیار مناسب است، آن‌ها را در کنار هم قرار می‌دهد و واکنش‌های پیچیده‌ی شیمیایی به سادگی انجام می‌گیرد.

ماهی در اورسا مانند ماهی زمینی است؛ زیرا به جای گرانش، خاصیت شناوری آب شکل بدن آن‌ها را تعیین می‌کند.

احتمال حیات

از دید ما، برای آفرینش حیات شرایط بسیاری باید فراهم شود تا حیات هوش‌مندی، که توانایی برقراری ارتباط در فاصله‌های میان‌ستاره‌ای داشته باشد، روی سیاره‌ای به‌وجود آید. فرانک دریک، نخستین اخترشناسی بود که در سال ۱۹۶۰، احتمال وجود حیات هوش‌مند فرازمینی را بررسی کرد و برخی شرایط لازم را در رابطه‌ای، که به نام خود او مشهور شده است، تعیین کرد.



- میزان تولّد ستاره‌ها باید به حدّ کافی باشد که جای ستاره‌های مرده را پر کند. در کهکشان ما، هر سال حدود ۶ ستاره متولّد می‌شود.
- ستاره‌ها باید سیاره‌هایی داشته باشند.
- سیاره‌ای با اندازه‌ی مناسب، باید در فاصله‌ی مناسب و در جایی نه خیلی سرد و نه خیلی گرم از ستاره‌ی خود قرار گرفته باشد.
- حیات باید در سیاره شکل بگیرد.
- حیات سیاره باید به حیات هوش‌مند تبدیل شود؛ زیرا یک برگ سبز قادر نیست خود را از ده‌ها یا صدها سال نوری دورتر برای ما نمایان کند.
- حیات هوش‌مند باید فن‌آوری پیش‌رفته‌ای داشته باشد که با فاصله‌های میان‌ستاره‌ای ارتباط برقرار کند.
- گونه‌ی حیات باید بیاموزد که خود را با فن‌آوری پیش‌رفته از بین نبرد.
- بلایای طبیعی، برخورد دنباله‌دار و سیارک و فوران‌های عظیم آتش‌فشانی باید کم باشد تا به حیات هوش‌مند فرصت تکامل بدهد.

با دیدی بدبینانه به هر یک از عوامل حیات هوش‌مند، در زمان حال فقط یک تمدن در کهکشان ما وجود دارد.

با دیدی خوش‌بینانه به هر یک از عوامل حیات هوش‌مند، تخمین زده می‌شود در هر زمان، هزاران حیات هوش‌مند در کهکشان راه شیری وجود خواهد داشت.

بیش‌تر بدانیم

سیاره‌ی زنده ۱۰۸
جست‌وجوی حیات در مریخ ۱۳۴
هوش‌مندان فرازمینی ۲۵۸

هوش‌مندان فرازمینی

جست‌وجوی حیات هوش‌مند فرازمینی (سِتی SETI)، که زمانی عجیب و دور از ذهن شمرده می‌شد، اکنون در کانون توجه است. این جست‌وجو با علوم متفاوتی مانند نجوم، فیزیک، شیمی، فن‌آوری اطلاعات (IT) و زیست‌شناسی مرتبط است. بسیاری از دانشمندان طرح سِتی از تلسکوپ‌های رادیویی برای ردیابی احتمالی سیگنال‌های مصنوعی از فضا استفاده می‌کنند و برخی، به دنبال تابش‌های لیزری هوش‌مندان دنیاهای دورند. هر پیام آگاهانه‌ای حتماً به صورتی می‌رسد که دریافت آن ساده باشد. ما نیز پیام‌های خود را به فضا فرستاده‌ایم؛ اما هنوز منتظر دریافت پیامی هستیم.



امواج رادیویی که پیام آرسیبو را حمل کردند. این پرتوها، حتی در پُرغبارترین بخش‌های فضا، با سرعت نور حرکت می‌کنند و راه مطلوبی برای ارتباطات میان‌ستاره‌ای به‌شمار می‌آیند.

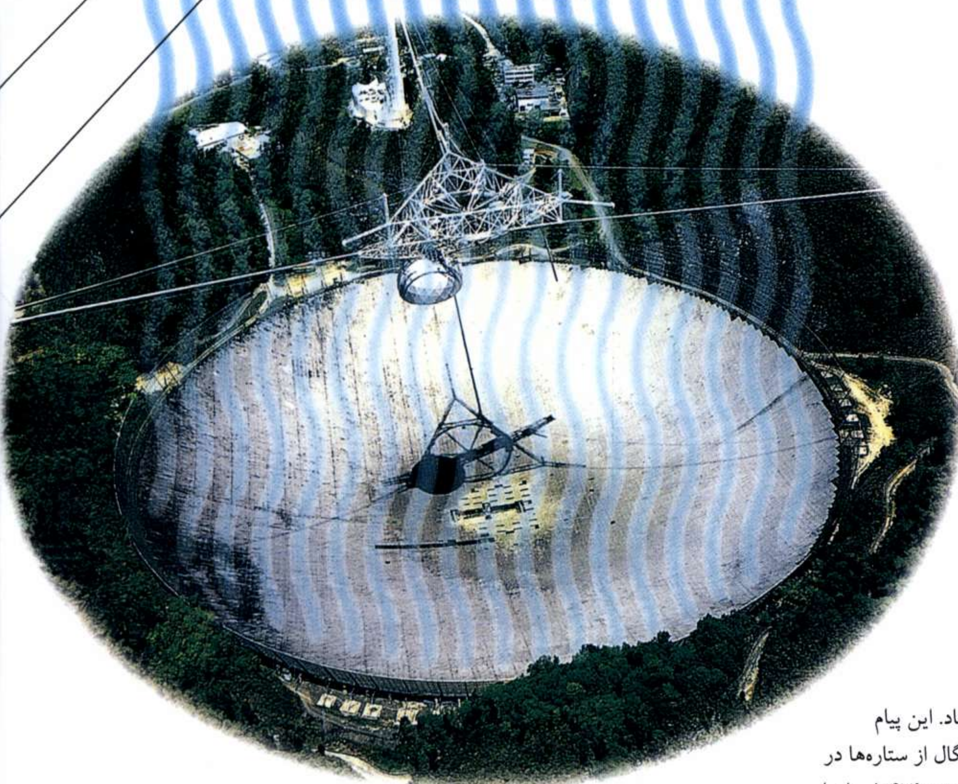


تولّد سِتی

در دهه‌ی ۱۹۵۰، در روزهای نخستین نجوم رادیویی، آمریکایی جوانی به نام فرانک دِریک متوجه شد تلسکوپ‌های رادیویی، ابزارهای مناسبی برای برقراری ارتباط با هوش‌مندان فرازمینی‌اند. آن‌ها سیگنال‌ها را در طول کهکشان، دریافت و مخابره می‌کنند. دریک با سایر اخترشناسان تحقیق خود را ادامه داد. بلندپروازانه‌ترین طرح آن‌ها، پروژه‌ی سایکلوپس بود؛ ساخت آرایه‌ای با ۱۵۰۰ تلسکوپ رادیویی. اما این طرح چنان پرخرج بود که هرگز انجام نشد.

ستی در خانه

میلیون‌ها نفر در جهان با رایانه‌های شخصی خود به جست‌وجوی هوش‌مندان فرازمینی کمک می‌کنند. داده‌های تلسکوپ رادیویی آرسیبو از آسمان به صورت بسته‌های اطلاعاتی از طریق اینترنت در اختیار علاقه‌مندان قرار می‌گیرد. در این طرح، که ستی در خانه نام دارد، رایانه‌ی اطلاعات حاوی داده‌های رادیویی از آسمان در نرم‌افزار مخصوص نصب شده روی رایانه غربال می‌شود تا شاید نشانی از فرازمینی‌ها پیدا شود. این طرح در سال ۲۰۰۶ به طرح جدید بوئینک (BOINC) گسترش یافت که در آن کاربران و رایانه‌های آن‌ها می‌توانند به تجزیه و تحلیل خودکار اطلاعاتی در زمینه‌ی بیماری‌های خطرناک مانند ایدز و موارد مشابهی در پزشکی نیز بپردازند یا به پردازش داده‌های طرح‌های بزرگ دیگر علمی نیز کمک کنند.



تلسکوپ رادیویی آرسیبو

پیام آرِسیبو

در سال ۱۹۷۴، تلسکوپ رادیویی آرسیبو در پورتوریکو پیامی به سمت ستاره‌ها فرستاد. این پیام شامل ۱/۶۷۹ تپ خاموش و روشن بود که به سمت خوشه‌ی کروی ۱۳M، توپی چگال از ستاره‌ها در فاصله‌ی ۲۵هزار سال نوری از ما فرستاده شد. بیگانه‌ای هوش‌مند متوجه خواهد شد عدد ۱/۶۷۹ حاصل ضرب دو عدد اول ۲۳ و ۷۳ است. تپ‌ها به شکل مستطیلی با ۲۳ ستون پهنا و عمق ۷۳ ستون فرستاده شده‌اند که به شکل تصویری پایه‌ی حیات در زمین را نشان می‌دهند.

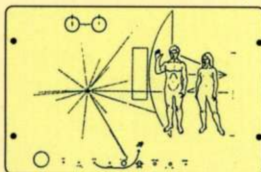
تکامل ستی

• در سال ۱۹۵۹، زمانی که جوزپه کوکونی (متولد ۱۹۱۴) و فیلیپ ماریسون (۲۰۰۵-۱۹۱۵) مقاله‌ای به نام «در جست‌وجوی ارتباطات میان‌ستاره‌ای» در مجله‌ی علمی نیچر چاپ کردند، اندیشه‌ی ستی آغاز شد.

• در سال ۱۹۶۰، فرانک دریک طرح اُزما (OZMA) را آغاز کرد که نخستین جست‌وجوی امواج فرازمینی‌ها با تلسکوپ رادیویی بود.

• پایونیر ۱۰ و ۱۱، کاوشگرهای مشتری و زحل ناسا، که در سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۷۳ پرتاب شدند، هر دو حاوی لوح‌های کنده‌کاری شده‌ای با پیامی ابتدایی از زمین بودند. لوح‌هایی که شاید هزاران سال بعد در مسیر این کاوش‌گرها در ورای منظومه‌ی شمسی به‌دست فرازمینی‌ها برسند.

لوحِ پایونیر



• در سال ۱۹۷۴، پیام آرسیبو به سمت خوشه‌ی کروی M۱۳ فرستاده شد.

• در سال ۱۹۷۷، تلسکوپ رادیویی در اوهایو (آمریکا) پیامی عجیب دریافت کرد. این مهم‌ترین پیام ناشناخته‌ای است که تا امروز کشف شده است. اما متأسفانه پس از آن دیگر چنین پیامی تکرار نشد که تأییدکننده و رمزگشا باشد.

• دو فضاپیمای وُیجر که در سال ۱۹۷۷ پرتاب شدند، هر یک پلاک طلایی با خود بردند که حامل صداها و تصاویری از زمین بود.

• در سال ۱۹۹۵ طرح فونیکس (ققنوس) جست‌وجوی جدید و منظمی را برای دریافت سیگنال‌های فرازمینی آغاز کرد.

• در سال ۱۹۹۸، طرح ستی در خانه با ارائه‌ی داده‌های تلسکوپ‌های رادیویی ستی به کاربران علاقه‌مند به سراسر دنیا، از طریق بسته‌های اطلاعاتی از راه اینترنت آغاز شد.

بیش‌تر بدانیم

اخترشناسی رادیویی ۳۰
تلسکوپ‌های عجیب ۴۰
حیات در دنیاهای دیگر ۲۵۶

طرح فونیکس (ققنوس)

مؤسسه‌ی ستی بین سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۴ که به کمک چند تلسکوپ بزرگ رادیویی، از جمله تلسکوپ ۶۴ متری گرین‌بنک، مجموع ۸۰۰ ستاره‌ی منتخب را به دنبال علائم رادیویی غیر طبیعی زیر نظر گرفت؛ اما چیزی پیدا نشد.



تلسکوپ رادیویی گرین‌بنک

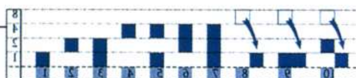
تماس

تماس با حیات بیگانه، بزرگ‌ترین روی‌داد خبری همه‌ی دوران خواهد بود. گروه‌های گوناگون مردم، ارتش‌ها، مجامع مذهبی، دانشمندان و سیاست‌مداران، هریک بنا بر دستور کار خود، واکنش متفاوتی خواهند داشت. آیا ما باید پاسخ دهیم؟ یا ممکن است معرفی مکان خود به تمدنی پیش‌رفته‌تر بسیار خطرناک باشد؟ چه کسی تصمیم خواهد گرفت چه بگوییم؟

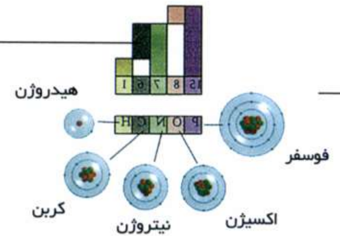


آینده‌ی ستی

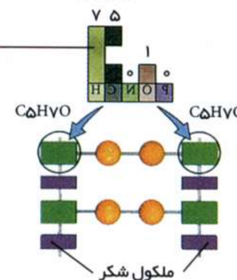
جست‌وجوی رادیویی هوش‌مندان فرازمینی هر روز دشوارتر می‌شود. افزایش نویز یا نوفه‌های الکتریکی از ابزارهایی مانند تلفن‌های همراه و دستگاه‌های پخت مایکروفر، امکان ثبت امواج ضعیفی را که ممکن است از هوش‌مندان فرازمینی برسد، از بین می‌برد. یک راه حل اجرای ستی و دیگر تحقیقات نجوم رادیویی، در نیمه‌ی دور ماه و دور از اختلالات زمینی است. دانشمندان ستی حتی این مکان را پیدا کرده‌اند: دهانه‌ی ۱۰۰ کیلومتری ساها. با وجود این ممکن است تحقق چنین رؤیایی چنددهه‌ی دیگر طول بکشد.



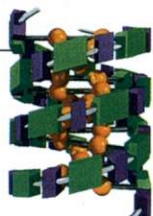
اولین ستون، اعداد ۱ تا ۱۰ را با کد دودویی، به شکل اعدادی که در رایانه از آن‌ها استفاده می‌شود، نشان می‌دهد.



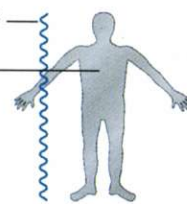
مهم‌ترین عناصر حیات، کربن، هیدروژن، نیتروژن، اکسیژن و فسفر هستند. این ستون عدد اتمی این ۵ عنصر را نشان می‌دهد.



نسبت عناصر کلیدی در برخی ملکول‌های مهم زیستی در این ستون نشان داده شده است. شکر (C۵H۷O، با رنگ سبز)، فسفات (بنفش) و نوکلئوتید (نارنجی) ساختار DNA را تشکیل می‌دهد؛ ملکولی که پایه‌ی همه‌ی گونه‌های حیات در زمین را شکل داده است.



دو رشته‌ی درهم تنیده، ساختار ملکول DNA را نمایش می‌دهد؛ ملکول عظیمی که با تقسیم و تکثیر، پایه‌های حیات را می‌سازد. گونه‌های حیات بیگانه نیز باید بر پایه‌ی ملکولی شبیه به DNA باشند تا اطلاعات ژنتیک را منتقل کنند.

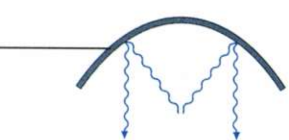


قد انسان = ۱۴ طول موج سیگنال

شکل بدن انسان احتمالاً متحیرکننده‌ترین تصویر برای موجود بیگانه است. در پهلوی آن اعدادی است که جمعیت جهان (چپ) و قد انسان (راست) را نمایش می‌دهد.



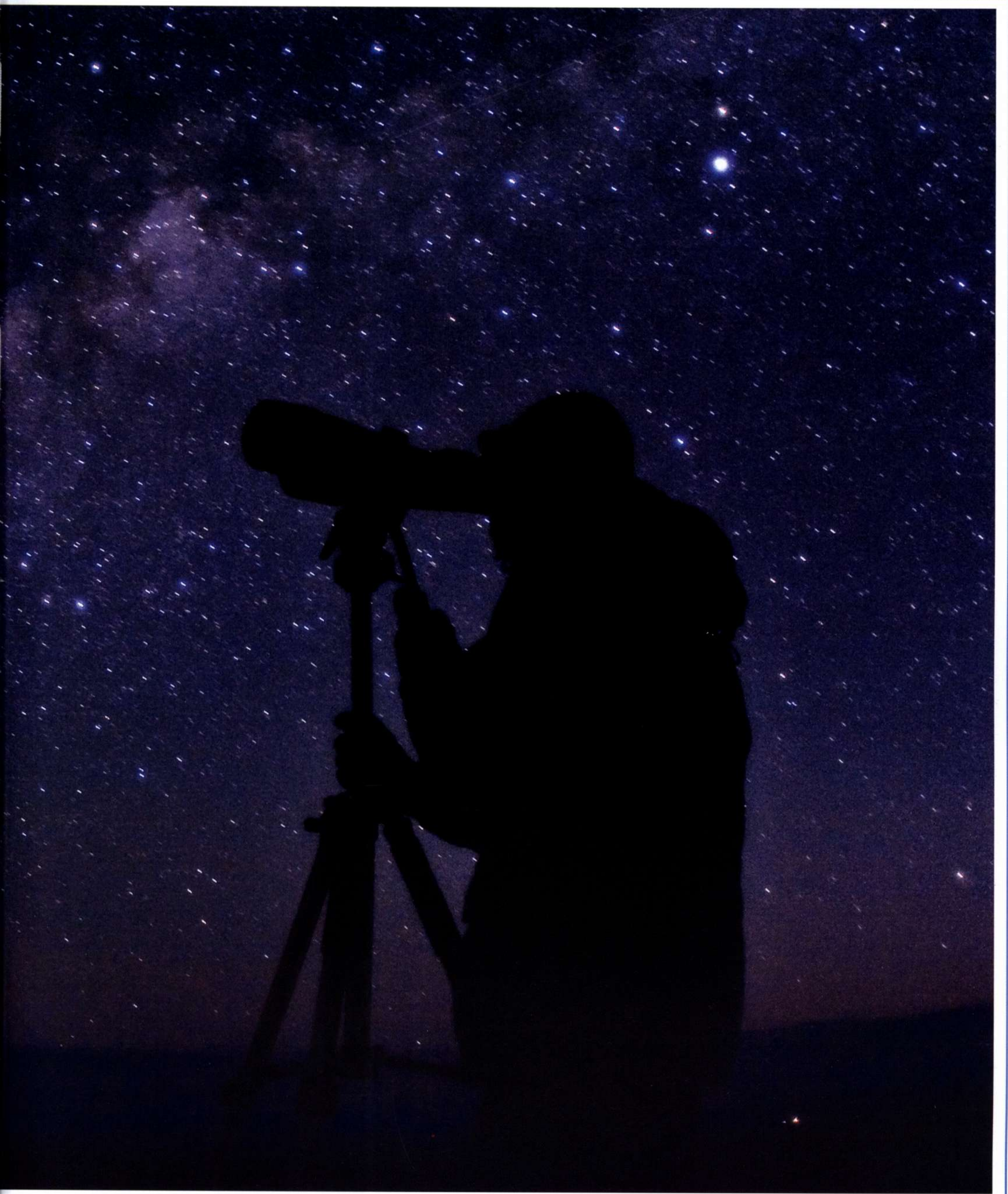
منظومه‌ی شمسی و اعضای آن که تقریباً با مقیاس نمایش داده شده است. زمین از جایگاه خود بیرون آورده شده است، تا بارز شود.



تلسکوپ رادیویی آرسیبو، با طرحی از چگونگی انتقال اطلاعات با امواج رادیویی.



پایگاه ماه ستی

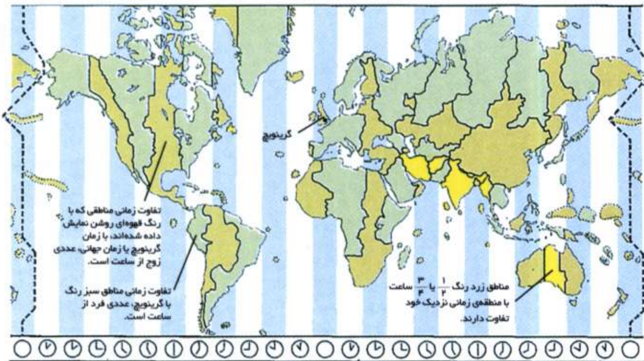


اخترشناسی آماتوری

اخترشناسی یکی از آن علوم نادری است که برای نقش داشتن در آن یا لذت بردن از آن، نباید حتماً دانشمند باشید. آزمایشگاه اخترشناسی نه در یک اتاق یا کشور و شهر خاصی در زمین، بلکه در آسمانی بی‌مرز و متعلق به همه است و به‌رایگان در اختیار هر چشم کنجکاو قرار دارد. شاید به همین سبب، نجوم آماتوری بیش‌تر از علاقه‌های آماتوری در هر رشته‌ی علمی دیگری رشد کرده است. منجم آماتور، حتی بدون دوربین دوچشمی و تلسکوپ هم می‌تواند کار خود را انجام دهد. مثلاً می‌تواند هم با رصد بارش‌های شهاب لذت ببرد و هم در کاری علمی سهیم شود. رصد آسمان برای اهداف کاربردی، سنتی دیرینه است که برای اموری مانند جهت‌یابی، سنجش زمان و درست کردن تقویم انجام می‌شده است. فراگرفتن نجوم سبب می‌شود راه خود را در آسمان پیدا کنید و در فصل‌های متفاوت، صورت‌های فلکی آسمان را بیابید. دوربین دوچشمی شگفتی‌های بیش‌تری به نمایش می‌گذارد و حتی به منجمان آماتور کمک می‌کند رصدهای ارزش‌مندی مانند بررسی ستاره‌های متغیر انجام دهند. با تلسکوپ، آسمان بدون اغراق بی‌مرز می‌شود. برخی تلسکوپ‌های آماتوری امروز، از بسیاری از تلسکوپ‌های حرفه‌ای، که تا چند دهه‌ی پیش از آن‌ها استفاده می‌شد، پیش‌رفته‌ترند.

زمین چرخان

ما کیهان را از عرشه‌ی فضاپیمای غول‌پیکری که در فضا سفر می‌کند، رصد می‌کنیم. اما فضاپیمای ما، زمین، مکان رصد چندان مناسبی نیست. زیرا تمام مدت در حال چرخش است، به همین سبب، به‌نظر می‌رسد همه چیز در جهت مخالف حرکت می‌کند و هیچ‌چیز در جای خود ثابت نمی‌ماند. خود زمین نیز بخشی از آسمان را می‌پوشاند. ساکنان نواحی معتدل نیم‌کره‌ی شمالی مانند ایرانی‌ها یا اروپایی‌ها، هیچ‌گاه صلیب جنوبی را نمی‌بینند (گرچه در جنوبی‌ترین عرض‌های ایران، یکی دو ستاره‌ی آن به لب افق می‌رسند). در حالی‌که ستاره‌ی قطبی نیز همواره از دید استرالیایی‌ها پنهان است. آن‌چه در آسمان مشاهده می‌کنیم، به زمان و مکان رصدگر بستگی دارد. برعکس، رصدگران می‌توانند بنا بر آن‌چه در آسمان می‌بینند، زمان و مکان خود را به‌دست آورند.



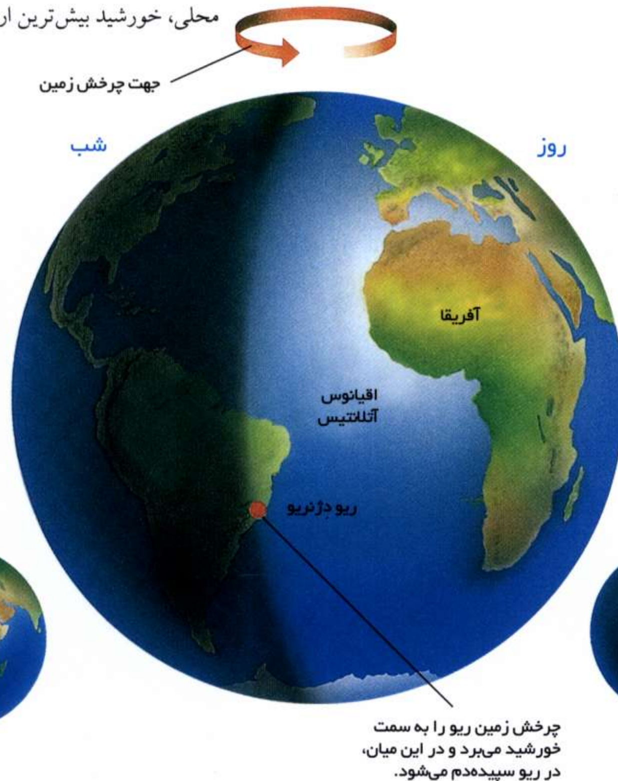
منطقه‌های زمانی

با چرخش زمین، مناطق گوناگون جهان، خورشید را در زمان‌های متفاوتی در آسمان می‌بینند. مثلاً زمانی که در آمریکا صبح‌دم است، در اروپا ظهر، در ایران بعدازظهر و در استرالیا شامگاه است. جهان به ۲۴ منطقه‌ی زمانی اصلی تقسیم شده است که یک ساعت با هم تفاوت دارند. در هر منطقه، حدود ظهر به وقت محلی، خورشید بیش‌ترین ارتفاع را در آسمان دارد.

زمان روز

در هر زمان، نیمی از کره رو به خورشید و روشن و نیمی دیگر پشت به جهت تابش خورشید است و در تاریکی به‌سر می‌برد.

تاریکی موجب می‌شود بتوانیم ستاره‌ها را در آسمان ببینیم. با چرخش زمین، به‌نظر می‌رسد ستاره‌ها از شرق به غرب حرکت می‌کنند.





این‌جا، در ریو، شب است. زیرا در نیمه‌ی تاریک زمین قرار دارد که پشت خورشید است.

چرخش زمین ریو را به سمت خورشید می‌برد و در این میان، در ریو سپیده‌دم می‌شود.



در نیم‌کره‌ی شمالی، مسیر خورشید (به‌جز در نواحی قطبی) در نیمه‌ی جنوبی آسمان است. به همین سبب، از چپ به راست حرکت می‌کند.



زمین از غرب به شرق می‌چرخد. به همین دلیل، به‌نظر می‌رسد خورشید از شرق طلوع و در غرب غروب می‌کند.



در نیم‌کره‌ی جنوبی، مسیر خورشید (به‌جز در نواحی قطبی) در نیمه‌ی شمالی آسمان است. به این سبب، از راست به چپ حرکت می‌کند.



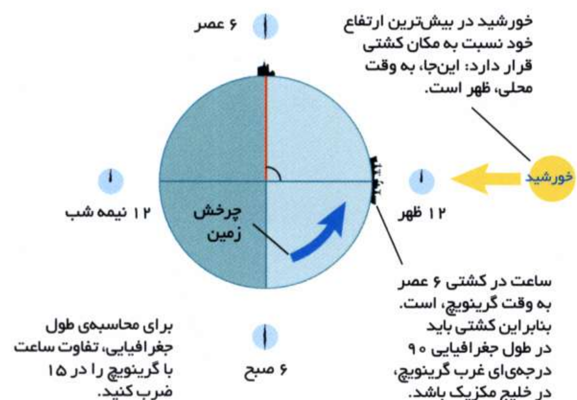
چند ساعت بعد، چرخش زمین ریو را درست مقابل خورشید قرار می‌دهد. زمانی که خورشید دقیقاً بالای سر باشد، ظهر است.

روز و شب

زمین دور محور خود، با سرعت ثابتی می‌چرخد و همه جای این دنیا را از روز به شب و دوباره به روز باز می‌گرداند. با چرخش کره، تصویر ما از آسمان نیز تغییر می‌کند. پس از یک چرخش کامل، زمین به جهت اولیه‌ی خود در فضا برمی‌گردد و ستاره‌ها تقریباً به جای اول خود بازمی‌گردند. این رخداد ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه طول می‌کشد (یک روز نجومی). در این زمان، زمین ۲/۵میلیون کیلومتر از مدار خود را به دور خورشید طی کرده است و باید یک درجه‌ی دیگر بچرخد تا خورشید به جای اولش در آسمان برگردد. این کار ۴ دقیقه زمان می‌برد. بنابراین، روز اندازه‌گیری شده بر اساس خورشید (یک روز خورشیدی) ۲۴ ساعت است.

محاسبه‌ی طول جغرافیایی

طول جغرافیایی فاصله‌ی شرقی یا غربی یک مکان از خط یا نصف‌النهار مبنای شمال ـ جنوب است که از گرینویچ، در انگلستان، می‌گذرد. زمین طی ۲۴ ساعت، ۳۶۰ درجه می‌چرخد، بنابراین در هر ساعت، ۱۵ درجه‌ی چرخش دارد. اگر زمان در گرینویچ (GMT یا زمان میانگین گرینویچ) ۶ عصر باشد، ۱۸۰ درجه‌ی شرق آن ساعت ۶ صبح است. چرخش زمین به دریانوردان کمک می‌کند طول جغرافیایی خود را، در صورت داشتن زمان گرینویچ، به‌دست آورند.



خورشید در بیش‌ترین ارتفاع خود نسبت به مکان کشتی قرار دارد: این‌جا، به وقت محلی، ظهر است.

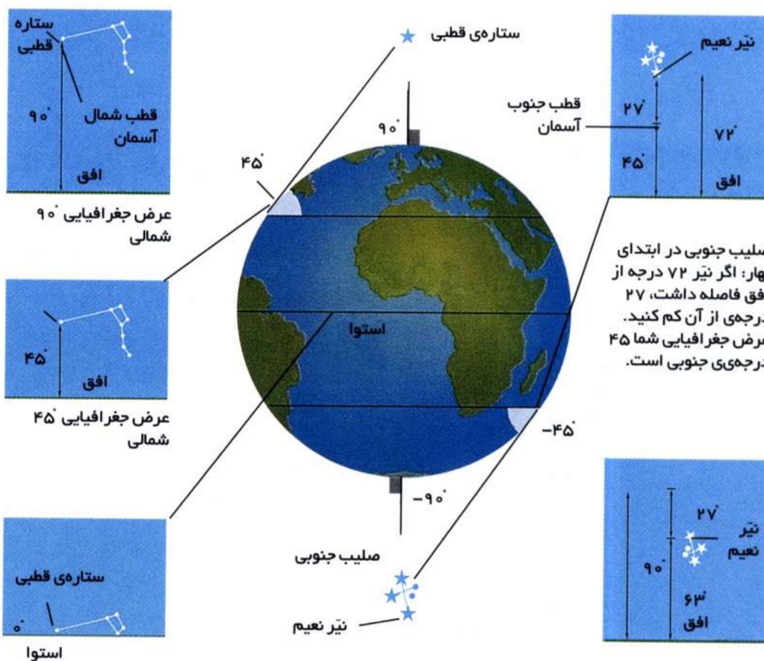
ساعت در کشتی ۶ عصر به وقت گرینویچ، است. بنابراین کشتی باید در طول جغرافیایی ۹۰ درجه‌ای غرب گرینویچ، در خلیج مکزیک باشد.

برای محاسبه‌ی طول جغرافیایی، تفاوت ساعت با گرینویچ را در ۱۵ ضرب کنید.

ستاره‌ی قطبی و عرض جغرافیایی

در نیم‌کره‌ی شمالی، ارتفاع ستاره‌ی قطبی یا جُدَی، با عرض جغرافیایی (فاصله‌ی زاویه‌ای شمالی از استوا) تغییر می‌کند. در قطب شمال (عرض ۹۰ درجه‌ی شمالی)، ستاره‌ی قطبی دقیقاً بالای سر، یعنی در سرسو است (۹۰ درجه بالای افق). در استوا (عرض صفر درجه)، در افق دیده می‌شود (ارتفاع صفر درجه). در ۶۰ درجه‌ی شمالی، ۶۰ درجه‌ی بالای افق است و در ۴۵ درجه‌ی شمالی، ۴۵ درجه از افق ارتفاع دارد. در آسمان ایران، ارتفاع ستاره‌ی قطبی در جنوبی‌ترین نقاط ۲۵ درجه‌ی و در شمالی‌ترین نقاط حدود ۴۰ درجه است و در تهران به ۳۵ درجه می‌رسد.

ارتفاع ستاره‌ها: اخترشناسان ارتفاع ستاره‌ها را در بالای افق به درجه بیان می‌کنند. از افق تا بالای سر ۹۰ درجه است. نیمی از این فاصله ۴۵ درجه می‌شود و ستاره‌ای در افق صفر درجه ارتفاع دارد.



صلیب جنوبی در ابتدای بهار: اگر نیّر ۷۲ درجه از افق فاصله داشت، ۲۷ درجه‌ی از آن کم کنید. عرض جغرافیایی شما ۴۵ درجه‌ی جنوبی است.

صلیب جنوبی در ابتدای پاییز: اگر نیّر ۶۳ درجه‌ی از افق ارتفاع داشت، ۲۷ درجه به آن اضافه کنید. عرض جغرافیایی شما ۹۰ درجه‌ی جنوبی است.

عرض جغرافیایی جنوبی

در نیم‌کره‌ی جنوبی هیچ ستاره‌ی قطبی وجود ندارد؛ اما صلیب جنوبی، که در ۲۷ درجه‌ی قطب جنوب آسمان قرار دارد، راهنمایی برای یافتن عرض جغرافیایی است. در بهار (زمانی که در آسمان رو به بالاست) یا در پاییز (که رو به پایین است) کمک گرفتن از آن ساده‌تر است. ارتفاع ستاره‌ی نیّر نعیم (آلفا ـ صلیب جنوبی) را از افق بیابید. اگر صلیب رو به بالا بود، ۲۷ درجه از آن کم کنید و اگر رو به پایین بود، ۲۷ درجه اضافه کنید.

ساعت‌های آفتابی

اصول ساعت‌های آفتابی این است که با چرخیدن زمین و حرکت ظاهری خورشید در آسمان، سایه‌ها نیز با آن در جهت مخالف حرکت می‌کنند. همه‌ی ساعت‌های آفتابی میله‌ای به نام شاخص دارند. سایه‌ی شاخص روی صفحه‌ای می‌افتد که با ساعت‌های روز علامت‌گذاری شده است. یک ساعت آفتابی ساده را می‌توان با وسایل ساده ساخت. دستور کار را از بالا راست بخوانید.

۱. برای شاخص ساعت، از یک سوزن خیاطی یا یک سیخ بلند استفاده کنید.

۲. یک شیشه‌ی مربا با در فلزی پیدا کنید.

سایه‌ی شاخص روی نوار کاغذ، ساعت را به شما خواهد گفت.

۳. در ظرف را بردارید و سوراخی در آن ایجاد کنید تا سوزن یا سیخ از آن عبور کند.

۴. توپ پلاستیکی چسبناکی مثل یک تکه خمیر یا آدامس جویده شده را به یک انتهای سوزن بزنید. در ظرف را ببندید تا توپ چسبناک به انتهای ظرف بچسبد.

نوار کاغذی را روی شیشه بچسباند. شیشه را طوری روی پایه بگذارید که عدد ۱۲ دقیقاً رو به پایین، یعنی رو به شمال در نیم‌کره‌ی شمالی و رو به جنوب در نیم‌کره‌ی جنوبی باشد.

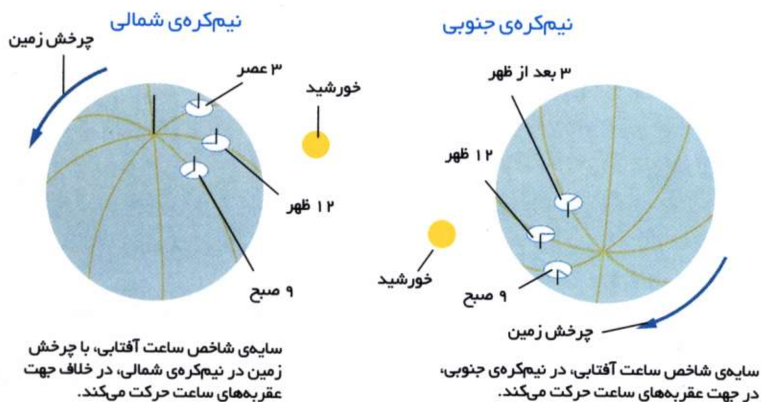
۶. نواری کاغذی به عرض ۲۵ میلی‌متر و طولی به اندازه‌ای که دور شیشه بپیچد، ببرید. ۲۴ خط برابر روی آن رسم کنید و از راست به چپ اعداد ۱ تا ۲۴ را روی آن بنویسید (برای نیم‌کره‌ی جنوبی از چپ به راست).

زاویه قائمه (۹۰°)

این انتهای پایه به سمت شمال است (در نیم‌کره‌ی جنوبی، به سمت جنوب).

۵. پایه‌ای مقوایی به شکل مثلث درست کنید. برشی مقوایی روی پایه بچسبانید که شیشه نلغزد.

زاویه برابر عرض جغرافیایی محل ساعت آفتابی است.

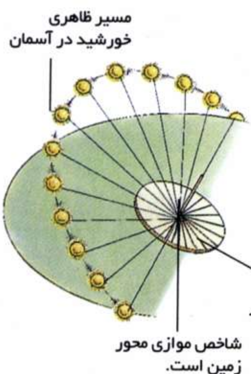


سایه‌ی شاخص ساعت آفتابی، با چرخش زمین در نیم‌کره‌ی شمالی، در خلاف جهت عقربه‌های ساعت حرکت می‌کند.

سایه‌ی شاخص ساعت آفتابی، در نیم‌کره‌ی جنوبی، در جهت عقربه‌های ساعت حرکت می‌کند.

دقت ساعت آفتابی

سایه‌ی شاخص، زمان را با دقت چند دقیقه به ما می‌گوید. در برخی زمان‌های سال، ممکن است ساعت آفتابی دقایقی جلوتر یا عقب‌تر باشد. دلیل این رخداد این است که مسیر ظاهری خورشید در آسمان تحت تأثیر تغییرات سرعت گردش زمین در مدار خود به دور خورشید است. در نتیجه، ساعت آفتابی، که ساعت طبیعی را نشان می‌دهد و ظهر آن درست اذان ظهر محلی است، با ساعت رسمی ـ که همیشه در ساعت ۱۲ ظهر اتفاق می‌افتد ـ کمی تفاوت دارد.



جهت ساعت آفتابی

ساعت آفتابی فقط در صورتی دقت لازم را دارد که شاخص آن موازی با محور زمین باشد. به این ترتیب، شاخص باید به‌نحوی قرار داده شود که در جهت شمال جنوب باشد و زاویه‌ی آن با افق نیز برابر عرض جغرافیایی محل باشد. ساعت‌های آفتابی محدودیت‌های دیگری نیز دارند. در شب (به‌جز ساعت‌های مهتابی) یا در روزهای ابری قابل استفاده نیستند و بسیاری برای زمان تابستانی و ساعت رسمی جلو کشیده‌شده، قابل تنظیم نیستند.

بیش‌تر بدانیم

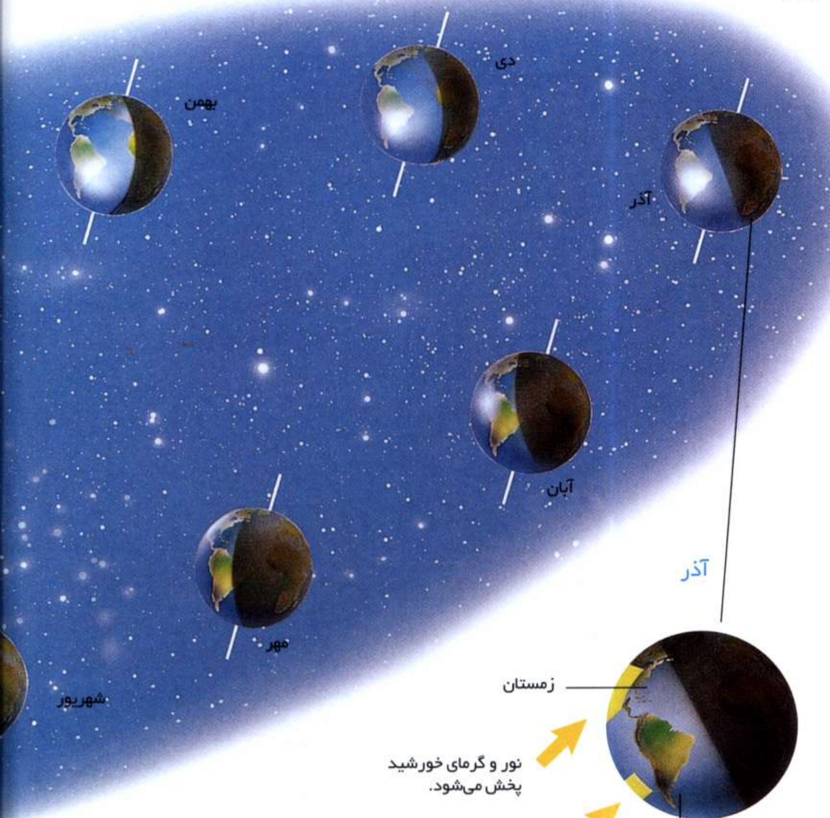
مدار زمین ۲۶۴
نقشه‌برداری از آسمان شب ۲۷۰
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲

مدار زمین

زمین ما، در حال چرخش دور خود، با سرعت ۱۰۰هزار کیلومتر بر ساعت دور خورشید می‌گردد؛ یعنی هزار بار سریع‌تر از سرعت اتومبیل در بزرگ‌راه. با این حرکت، زمین مناظر گوناگونی از کیهان را پیش چشمان ما قرار می‌دهد. در طی این مدار، زاویه‌ی تابش بر هر بخش زمین و در نتیجه ارتفاع خورشید در آسمان تغییر می‌کند و فصل‌ها را به‌وجود می‌آورد. با بررسی مدار زمین، اخترشناسی نشان داده است که چگونه برخی پدیده‌های فصلی هم‌زمان با «نشانه‌هایی در آسمان» رخ می‌دهد. مثلاً جاری شدن سالانه‌ی سیل در رودخانه‌ی نیل، هر سال پس از پدیدار شدن ستاره‌ی شباهنگ در آسمان صبحگاهی تابستان رخ می‌دهد. به همین سبب مصریان این ستاره را جزو الهه‌ی آسمان می‌دانستند.

مدار بیضوی

فاصله‌ی میانگین زمین از خورشید حدود ۱۵۰میلیون کیلومتر است. اما مدار زمین بیضوی است؛ به‌طوری که زمین در دی ماه، در مقایسه با تیرماه، ۵میلیون کیلومتر به خورشید نزدیک‌تر است. دی‌ماه، در نیم‌کره‌ی جنوبی، تابستان است. اما این تفاوت فاصله تأثیر چندانی بر آب و هوای زمین ندارد.



در پایان آذر و ابتدای دی، قطب جنوب رو به خورشید است.



نور و گرمای خورشید پخش می‌شود.

گرما در منطقه‌ی کوچکی متمرکز شده است.

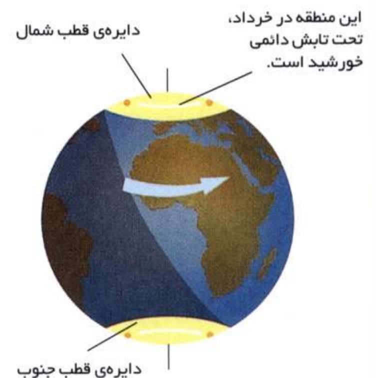
ابتدای فروردین و مهر: در دو نقطه‌ی اعتدال، خورشید دقیقاً از بالای استوای زمین عبور می‌کند. طول روز و شب در همه جا برابر است (هر کدام ۱۲ ساعت).

سال‌ها، انقلابین و اعتدالین

زمین در ۳۶۵/۲۵ روز یا یک سال، مدار خود را دور خورشید طی می‌کند. در طول این سفر سالانه، از جهات متفاوتی به فضا نگاه می‌کنیم و در نتیجه، طی یک سال ستاره‌های گوناگونی در آسمان می‌بینیم. مسیر ظاهری و روزانه‌ی خورشید در آسمان نیز تغییر می‌کند؛ زیرا محور زمین بر مدارش عمود نیست و ۲۳/۵ درجه انحراف دارد. در نیم‌کره‌ی شمالی، خورشید در آخر خرداد یا اول تیر بیش‌ترین ارتفاع را دارد (طولانی‌ترین روز سال، بدون در نظر گرفتن اثر شکست نور جوّی) و در نیم‌کره‌ی جنوبی، آخر آذر یا اول دی، همان زمانی که در نیم‌کره‌ی شمالی انقلاب زمستانی است و مردم کمترین ارتفاع خورشید و کوتاه‌ترین روز سال را شاهدند. میان این دو انقلاب تابستانی و زمستانی، نقاط اعتدالین قرار دارند (اول بهار و پاییز) که خورشید در هر نیم‌کره به طور مساوی می‌درخشد.

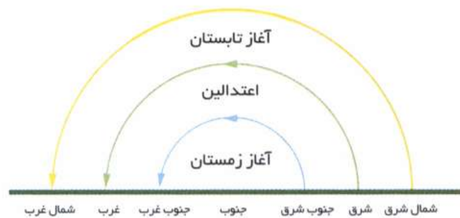
دما در دی

در دی ماه، نیم‌کره‌ی جنوبی به سمت خورشید است. نور خورشید به طور مستقیم بر نیم‌کره‌ی جنوبی می‌تابد و موجب ایجاد تابستانی داغ می‌شود. در حالی‌که بر نیم‌کره‌ی شمالی نور ملایمی می‌تابد. دو نیم‌کره فصل‌های مخالف هم دارند: تابستان در جنوب به معنای زمستان در شمال و پاییز جنوبی هم‌زمان با بهار شمالی است.



خورشید نیمه‌شب

در خرداد و تیر، مناطق نزدیک به قطب شمال به سمت خورشید قرار می‌گیرند. در این هنگام درون دایره‌ی شمالگان (شمالی‌تر از عرض ۶۶ درجه‌ی شمالی)، خورشید همواره در آسمان است و طلوع و غروب نمی‌کند. در آسمان می‌چرخد و می‌چرخد و بین بیش‌ترین ارتفاع در نیم‌روز تا کمترین ارتفاع در نیمه‌شب، جابه‌جا می‌شود. رخداد مشابهی در آذر و دی در دایره‌ی جنوبگان مشاهده می‌شود.

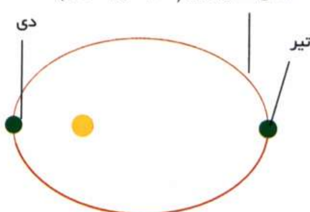


مسیر شمالی خورشید

مسیر ظاهری و روزانه‌ی خورشید در آسمان با حرکت زمین در مدار خود تغییر می‌کند. در نیم‌کره‌ی شمالی، خورشید در تابستان ارتفاع زیادی دارد. در اعتدال‌ها، مسیر آن کم‌ارتفاع‌تر می‌شود و در زمستان، کمترین ارتفاع را دارد. نقاط طلوع و غروب نیز تغییر می‌کند و در زمان اعتدال‌ها شرق ـ غرب است؛ در تابستان بیش‌تر به سمت شمال و در زمستان به سمت جنوب می‌رود.

خورشید در حوالی نیمه شب تابستانی مدار شمالگان





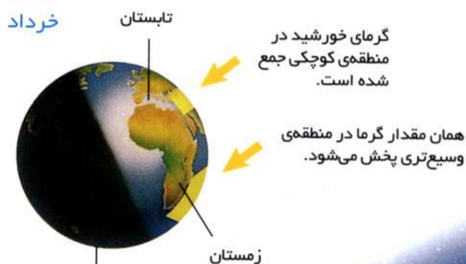
خورشید ۳۲۹هزار بار پُرجرم‌تر از زمین است و گرانش آن زمین و دیگر سیاره‌ها را در مدار نگه‌می‌دارد.

دما در تیر

در این سمت مدار، انحراف محور زمین، قطب شمال سیاره را به سمت خورشید قرار می‌دهد. در تیرماه، خورشید مستقیم به نیم‌کره‌ی شمالی می‌تابد. دمای آن‌جا بالا می‌رود و فصل تابستان آغاز می‌شود. نور خورشید به‌طور متمایل به نیم‌کره‌ی جنوبی می‌تابد و ملایم‌تر و با شدت کمتری در آن‌جا پخش می‌شود. جنوب استوا دما کم و فصل زمستان آغاز می‌شود.

سال کبیسه

هر چهار سال، یک روز به سال اضافه می‌شود تا فصل‌ها در جای خود بمانند. زیرا زمین یک دور کامل به دور خورشید را درست در ۳۶۵ روز نمی‌زند؛ بلکه ۱/۴ روز اضافه‌تر طول می‌کشد. یک‌سال در تقویم ما، درست ۳۶۵ روز محاسبه می‌شوند. بنابراین هربار، سال کمی جلوتر و جلوتر می‌آید و فصل‌ها به مرور در ماه‌های گوناگون جابه‌جا می‌شوند. در نتیجه، هر ۴ سال اسفند را ۳۰ روز حساب می‌کنیم تا همواره نوروز اول فروردین باشد و فصل‌ها سر جای خود بمانند.



اگر محور زمین انحراف نداشت، طول روز و شب همیشه ثابت بود و در نتیجه فصلی به‌وجود نمی‌آمد.

در حالی که زمین در مدار خود می‌گردد، ستاره‌های گوناگونی هر فصل در آسمان دیده می‌شوند.



آن‌طور که خورشید در برج ثور در آسمان بدون جوّ دیده می‌شود.

مسیر ظاهری خورشید

با گردش زمین در مدار خود، به‌نظر می‌رسد خورشید در میان ستاره‌ها حرکت می‌کند. این حرکت متفاوت با حرکت روزانه‌ی شرق به غرب خورشید، جابه‌جایی سالانه است که هر شبانه‌روز حدود یک درجه پیش می‌رود. ما نمی‌توانیم به‌سادگی حرکت خورشید را ببینیم. زیرا نور شدید خورشید، ستاره‌ها را پنهان می‌کند و معیاری برای مقایسه نداریم. اگر آسمان روز روشن نبود، می‌توانستیم خورشید را در کنار ستاره‌های دیگر، صورت فلکی‌های دایرةالبروجی ببینیم که هر ماه مکانش بین آن‌ها تغییر می‌کرد. خورشید هر ماه تقریباً در یکی از این صورت‌های فلکی یا برج‌ها قرار دارد.

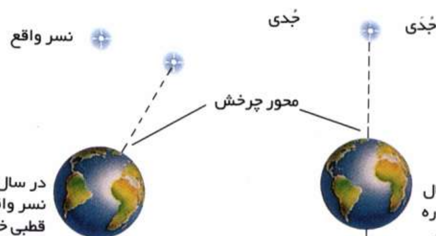


مسیر جنوبی خورشید

ابتدای زمستان در نیم‌کره‌ی جنوبی خورشید در کمترین ارتفاع خود در آسمان است و در مسیر شمالی خود از شمال شرق طلوع و در شمال غرب غروب می‌کند. در اعتدال‌ها، مسیر مرتفع‌تر است و طلوع و غروب در نقاط شرق و غرب است. در دی ماه، خورشید به بالاترین نقطه می‌رسد و طلوع و غروب آن به سمت جنوب متمایل می‌شود.

حرکت تقدیمی

با آن‌که زاویه‌ی تمایل محور زمین ثابت است، امتداد آن در فضا ثابت نیست؛ بلکه به‌تدریج می‌چرخد. مانند محور فرفره‌ای که در حال افتادن است. اکنون رو به جُدَی یا ستاره‌ی قطبی است. طی ۲۶هزار سال، این محور به آرامی در آسمان می‌چرخد و یک دور می‌زند. پیش از آن‌که دوباره به سمت جُدی برسد، رو به (ستاره‌های قطبی) دیگری خواهد شد. این پدیده به نام حرکت تقدیمی، به سبب اثر نیروی گرانش ماه بر محور متمایل زمین است.



مدار زمین

• در سال ۱۵۴۳، نیکولاس کوپرنیک در کتاب خود نوشت که زمین دور خورشید می‌گردد؛ گفته‌ای که برخلاف همه‌ی تصورات پیشین بود که می‌پنداشتند همه چیز دور زمین می‌گردد.

• در سال ۱۶۰۹، یوهان کپلر، بنا بر محاسبات ریاضی اعلام کرد مدار زمین دور خورشید، بیضی است و نه دایره. او قوانینی را نیز برای شناخت حرکت سیاره‌ها مطرح کرد.

• در سال ۱۷۲۸، جیمز بِردلی اخترشناس انگلیسی (۱۷۶۲-۱۶۹۳) اختلاف منظر ستاره‌ها را رصد کرد. اختلاف منظر جابه‌جایی فصلی در نور ستاره است که بر اثر حرکت زمین به‌وجود می‌آید. علاوه بر دیگر شواهد به‌دست آمده، اختلاف منظر نیز ثابت کرد که زمین در حال حرکت است.

بیش‌تر بدانیم

زمین چرخان ۲۶۲
نقشه‌برداری از آسمان شب ۲۷۰
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲

اخترشناسی در روز

اخترشناسی رصدی در روز، به همان اندازه‌ی شب، زیبا و سرگرم‌کننده است؛ زیرا برخی جرم‌های آسمان آن‌قدر پرنورند که حتی زمانی که آسمان روشن است، دیده می‌شوند. بارزترین آن‌ها خورشید است؛ ستاره‌ی مادر ما و تنها ستاره‌ای که از زمین می‌توان جزئیات آن را به‌خوبی دید. رصد مستقیم خورشید بسیار خطرناک است. اما با استفاده از صافی‌های خورشیدی مطمئن، می‌توان تصویر آن را دید. نور شدید خورشید، دیدن سایر جرم‌های آسمانی را در روز دشوار می‌کند. اما باز هم جرم‌هایی مانند ماه و برخی سیاره‌های پرنور، دیده می‌شوند. برای برخی سیاره‌ها مانند زهره و عطارد رصد در روز گاهی حتی فوایدی دارد که دیدن آن‌ها در شب ندارد.

از مقوایی برای گرفتن نور خورشید استفاده کنید تا صفحه را به طور مستقیم روشن نکند.

سوراخی به اندازه‌ی یکی از دهانه‌های دوربین دوچشمی در مقوا ببرید. مقوا را به دوربین بچسبانید؛ با این روش، نور خورشید از یکی از عدسی‌های دوربین عبور می‌کند.

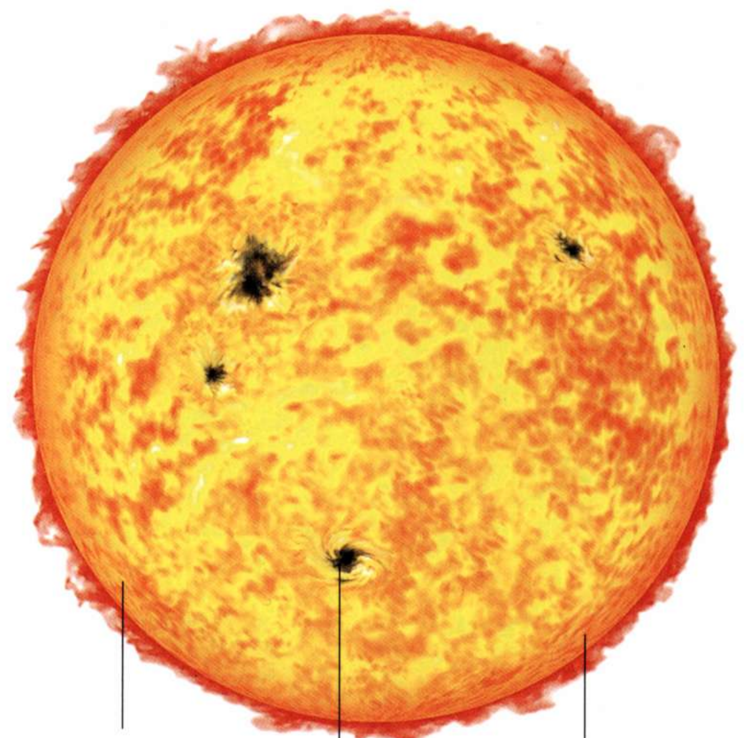
صفحه‌ی مقوایی دیگری را با یک پایه درست کنید. این صفحه در فاصله‌ی ۳۵ تا ۵۰ سانتی‌متر پشت دوربین، مثل صفحه‌ی نمایش عمل می‌کند.

رصد خورشید

یکی از نشانه‌های فعالیت‌های خورشیدی، تغییر شکل لکه‌هاست. برای ثبت این تغییرات، دایره‌ای بر صفحه‌ی کاغذ بکشید و آن را هر روز روی مقوا بچسبانید. تصویر خورشید را روی دایره بیندازید و مکان لکه‌ها و مشعل‌هایی را که دیده می‌شوند، علامت بزنید.

تصویر خورشید بر صفحه

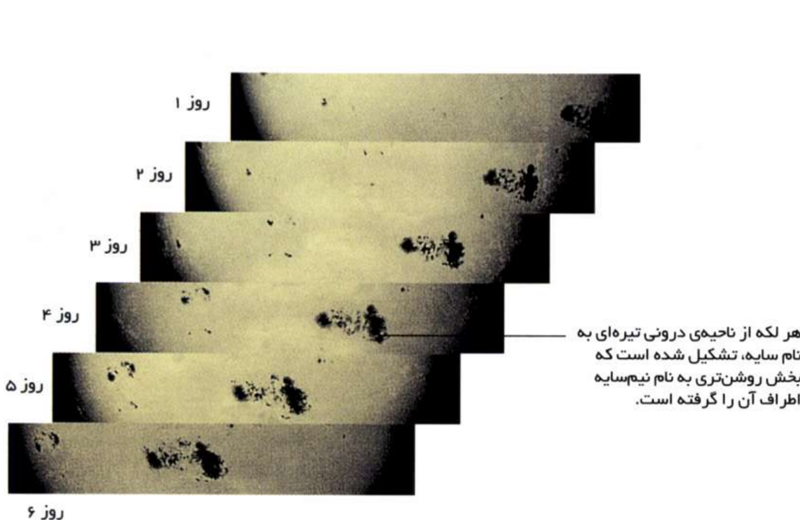
برای رصد خورشید، تصویر آن را به کمک دوربینی دوچشمی یا تلسکوپی با بزرگ‌نمایی کم، روی مقوایی بیندازید. ابزار را به سمت خورشید بگیرید و آن‌قدر آن را جابه‌جا کنید تا قرصی از نور روی صفحه پدیدار شود. ابزار خود را، تا جایی که تصویر دقیق خورشید به‌دست بیاید، کانونی کنید. اگر می‌خواهید تصویر بزرگ‌تر، اما خیلی کم‌نورتر نشود، فاصله‌ی صفحه تا ابزار را بیش‌تر کنید.



لبه‌ی خورشید، تیره‌تر از مناطق مرکزی آن است. به این پدیده که در تمام ستاره‌ها وجود دارد، تاریکی لبه می‌گویند.

لکه‌های خورشیدی مناطق تیره‌ای هستند که میدان‌های مغناطیسی خورشید اجازه‌ی رسیدن گرمای جریان هم‌رفتی گاز لایه‌های زیرین را به آن‌جا نمی‌دهد.

مشعل‌ها، مناطق روشنی هستند که معمولاً در نزدیکی لبه دیده می‌شوند.



هر لکه از ناحیه‌ی درونی تیره‌ای به نام سایه، تشکیل شده است که بخش روشن‌تری به نام نیم‌سایه اطراف آن را گرفته است.

دنبال کردن لکه‌های خورشیدی

ثبت روزانه‌ی مکان لکه‌ها، مسیر جابه‌جایی آن‌ها را روی خورشید نشان می‌دهد؛ زیرا خورشید، درست مانند زمین، می‌چرخد. گاهی اوقات لکه‌های بزرگ بعد از حدود ۲۹ روز چرخش به جای اول خود بازمی‌گردند؛ اما بیش‌تر لکه‌ها، در طی مسیر تغییر شکل می‌دهند و از بین می‌روند. لکه‌های بزرگ معمولاً جفت دیده می‌شوند که خط اتصال آن‌ها موازی استوای خورشید است.

مراقب باشید

- هیچ‌گاه با چشم غیر مسلح، مستقیم به خورشید نگاه نکنید و با دوربین دوچشمی و تلسکوپ به نزدیکی آن نیز نگاه نکنید. حتی یک نگاه کوتاه به خورشید ممکن است آسیبی جدی به دید شما وارد کند.
- برای رصد خورشید، از روش انداختن تصویر آن روی صفحه استفاده کنید. اگر از تلسکوپ استفاده می‌کنید، دهانه‌ی منظره‌یاب یا جوینده‌ی آن را ببندید تا نوری از آن بر شما نیفتد.
- مراقب صافی‌های خورشیدی، که با تلسکوپ فروخته می‌شوند، باشید. آن‌هایی که به پشت چشمی نصب می‌شوند، ایمن نیستند. امکان دارد گرمای خورشید به آن‌ها آسیب بزند. از صافی‌های خورشیدی ایمنی استفاده کنید که بر سر دهانه‌ی تلسکوپ نصب می‌شوند.

تصویر خورشید از روزنه‌های کوچک

تصویر خورشید را با عبور دادن نور آن از درون روزنه‌ای کوچک، مانند روزنه‌ی اتاق تاریک نیز، می‌توانید ببینید. این روش بیش‌تر برای رصد خورشیدگرفتگی‌های جزئی مناسب است تا لکه‌هایی که آن‌قدر کوچک‌اند که دیده نمی‌شوند. با دور کردن صفحه‌ی نمایش از روزنه‌ها تا حداقل یک متر، از روزنه‌ای با هر شکل، چه روزنه‌های بین شاخ و برگ درختان یا روزنه‌های کلاه حصیری یا حتی رنده‌ی آشپزخانه، می‌توانید تصویر خورشید را ببینید.



تصویر خورشید نیمه‌گرفته (کسوف جزئی) که از روزنه‌های پارچه‌ای توری روی کلاه انداخته شده است.


بازتاب خورشید بر آب

خورشید پیش از غروب



رنگ خورشید

معمولاً خورشید به رنگ زرد توصیف می‌شود؛ اما در حقیقت، سفید خالص است. جوّ زمین طول موج‌های آبی طیف خورشید را پخش می‌کند و زرد و سرخ را بیش‌تر عبور می‌دهد. به‌علاوه، معمولاً هنگامی به آن نگاه می‌کنیم که نور خورشید با ابرها کم شده است یا در نزدیکی افق قرار دارد. در این زمان نیز نور بیش‌تر زردرنگ می‌شود. خورشید در فضا کاملاً سفید به‌چشم می‌آید و در زمین نیز بازتاب نور خورشید از آب، رنگ حقیقی سفید آن را به‌خوبی نشان می‌دهد.

زهره در آسمان شامگاهی





ماه در روز

دیدن ماه در آسمان روز، به‌خصوص هنگامی که در صورت‌های درخشان بین تربیع تا بدر قرار دارد، معمولاً ساده است. پیش از زمان ماه کامل، در بعد از ظهر، در افق شرق و جنوب شرقی به دنبال آن بگردید (در نیم‌کره‌ی جنوبی، در افق شرق و شمال شرق) و در صبح‌هنگام، پس از زمان ماه کامل، در افق غرب یا جنوب غربی به دنبالش باشید (در نیم‌کره‌ی جنوبی، در افق غرب و شمال غربی). در نیم‌کره‌ی شمالی ماه در شب‌های زمستان یا صبحدم و عصرهنگام ارتفاع بیش‌تری از تابستان دارد. برخی رصدگران باتجربه صورت‌های کم‌نور ماه، یعنی هلال‌های باریک را در آسمان شفاف با چشم یا ابزار رصدی در روز روشن جست‌وجو می‌کنند.

ستاره‌ها و سیاره‌ها

ستاره‌ها و سیاره‌های بسیار پرنور، در نور روز نیز با تلسکوپ و دوربین دوچشمی دیده می‌شوند؛ اما یافتن آن‌ها کمی دشوار است. مواظب باشید به اشتباه به خورشید نگاه نکنید. رصدگران تلسکوپی سیاره زهره و عطارد، ترجیح می‌دهند در طی روز یا هنگام عصر به آن‌ها نگاه کنند. زیرا در آن زمان ارتفاع بیش‌تری دارند و جوّ، نور آن‌ها را کمتر آشفته می‌کند.

بیش‌تر بدانیم

ماه ۱۱۰، جوّ زهره ۱۲۸
درون خورشید ۱۷۴
سطح خورشید ۱۷۶
گرفت‌های خورشید ۱۸۰

آمادگی برای رصد

آسمان صاف و تمیز است. خورشید غروب کرده است و ستاره‌ها یکی‌یکی پدیدار می‌شوند. همه‌چیز برای رصدی خوب آماده است. اکنون زمان آماده شدن است تا هنگامی که بیرون هستید، به دلیل مداد جا گذاشته‌شده یا یک جفت دستکش با مشکل مواجه نشوید. لباس گرم بپوشید و کلاه گرم را نیز فراموش نکنید. با دقت برای ساعت‌های رصدی خود از قبل برنامه‌ریزی کنید. از دست دادن جرم یا پدیده‌ای زیبا به سبب مشغول بودن به کارهای دیگر در آسمان، بسیار ناراحت‌کننده است. مسیر حرکت و مکان ستاره‌ها و سیاره‌ها را در آسمان بیاموزید.

وضعیت دید خوب

برخی شب‌ها، شب‌های مناسبی برای دیدن ستاره‌ها و جرم‌های ژرفای آسمان است و برخی دیگر مناسب رصد سیاره‌هاست. عصرهایی که باد آمده و هوا بسیار تمیز و شفاف است، معمولاً هوای آشفته‌ای داریم که برای رصد جزئیات سیاره‌ها مناسب نیست. اما آسمان تاریک برای یافتن سحابی‌های کم‌نور مناسب است. وضعیت بدون باد برای بررسی ماه و سیاره‌ها مناسب است.



هرچه ستاره‌های کم‌نور بیش‌تری دیده شود، شفافیت و تاریکی آسمان بیش‌تر است.

لوازم ضروری

رصدگران خوب از آن‌چه می‌بینند، یادداشت برمی‌دارند. هر دفتری مناسب است. اما صفحات بدون خط برای طراحی مناسب‌تر است. برای هر رصد، زمان، روز، سال، مکان، وضعیت آب و هوا و به‌خصوص مه و ابر را ثبت کنید. اگر زمانتان به زمان تابستانی است، آن را یادداشت کنید. مشخصات ابزاری که از آن استفاده می‌کنید، مانند تلسکوپ یا دوربین دوچشمی را هم یادداشت کنید. برای خواندن نقشه‌های ستاره‌ای یا نوشتن یادداشت، از چراغ قوه‌ای با نور قرمز استفاده کنید. نور قرمز از توانایی دید چشمان شما در شب نمی‌کاهد.

فهرست وسایل

- لباس گرم و از جمله کفش ضدآب؛
- دفتر و مداد یا خودکار؛
- ساعت دقیق؛
- چراغ‌قوه با نور قرمز؛
- دوربین دوچشمی یا تلسکوپ؛
- وسیله‌ای برای نشستن؛
- نقشه‌های ستاره‌ای؛
- یک میز کوچک (برای گذاشتن وسایل روی آن).



دفتر یادداشت

پیش از رفتن به رصد، دفتر خود را به بخش‌های متفاوتی برای یادداشت‌های گوناگون تقسیم‌بندی کنید.

شمال و جنوب

پیش از رصد باید جهت‌های جغرافیایی اطراف خود را بدانید. خورشید در هنگام ظهر رو به جنوب است (رو به شمال در نیم‌کره‌ی جنوبی)؛ بنابراین، مکان آن را نسبت به اشیای زمینی مثل درخت‌ها به‌خاطر بسپارید تا در شب اگر ستاره‌ی قطبی نیافتید جهات را بیابید.



چراغ قوه با پوشش قرمز



نور چراغ‌قوه‌ی خود را قرمز کنید. می‌توانید طلق قرمزرنگی روی شیشه‌ی چراغ‌قوه نصب یا از چراغ‌های کوچک و قرمز LED استفاده کنید.

آلودگی نوری

شهرها نور چراغ‌های خود را در شب به آسمان می‌فرستند که آسمان را روشن می‌کند و مانع دیدن ستاره‌های کم‌نور می‌شود. رصدگران باید تا جایی که می‌توانند از شهر دور شوند و به جایی برسند که هیچ نور مستقیمی در آن‌جا وجود نداشته باشد. البته اگر ماه کامل باشد، حتی ساکنان روستاها نیز برای دیدن ستاره‌های کم‌نور وضعیت مشکلی دارند.



نکته‌های رصدی

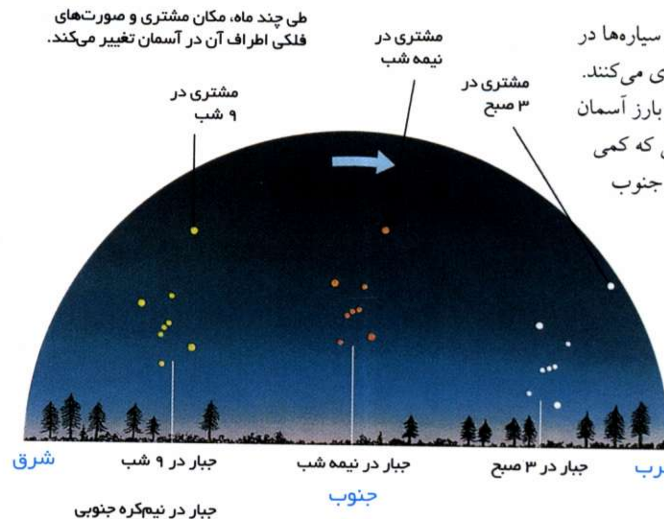
• تقریباً ۳۰ دقیقه طول می‌کشد تا چشمان شما کاملاً به تاریکی عادت کند و به بهترین دید شب برسد. برخی انواع نورها برای دید شب زیان‌آورند؛ مانند نورهای فلوئورسنت و صفحه‌های نمایش تلویزیون و رایانه. سعی کنید در شب رصد از نگاه کردن به آن‌ها بپرهیزید.

• زمانی که بیرون هستید، فقط از نور قرمز استفاده کنید و اعضای خانواده را راضی کنید که چراغ‌های مزاحم خانه را روشن نکنند.

• اگر نورهای بیرون مزاحم هستند، سایه‌بان موقتی برای آن‌ها درست کنید. مثل گونی یا پارچه‌ای ضخیم که روی نردبانی انداخته‌اید و در مقابل نور مزاحم گذاشته‌اید.

جبّار در نیم‌کره‌ی شمالی

به سبب چرخش زمین، ستاره‌ها و سیاره‌ها در طول شب در آسمان حرکت ظاهری می‌کنند. صورت فلکی جبّار صورت فلکی بارز آسمان زمستان است که از شرق، در حالی که کمی کج است، طلوع می‌کند. سپس در جنوب به بیش‌ترین ارتفاع می‌رسد و در جهت دیگر کج می‌شود و در غرب پشت افق غروب می‌کند.



جبار در نیم‌کره جنوبی

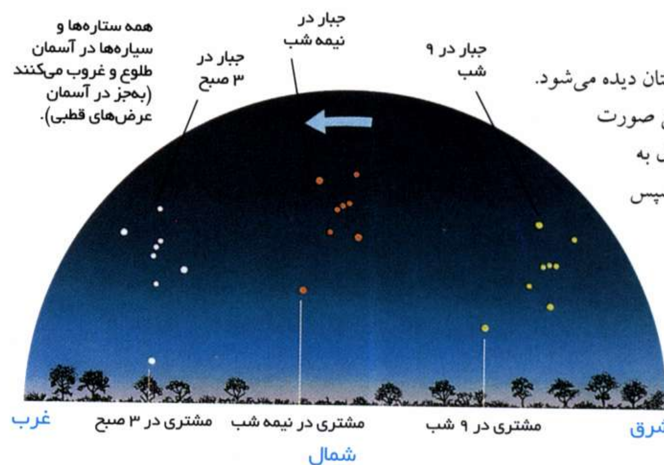
جبار در نیم‌کره شمالی

نشانه‌ای در آسمان

زمانی که جبّار در آسمان است، راهنمای خوبی برای شناختن صورت‌های فلکی دیگر و آسمان منطقه است. مردم در نیم‌کره‌ی شمالی آن را به صورت شکارچی ایستاده می‌بینند؛ در حالی که از نیم‌کره‌ی جنوبی وارونه دیده می‌شود.

جبّار در نیم‌کره‌ی جنوبی

در نیم‌کره‌ی جنوبی، جبّار در تابستان دیده می‌شود. چرخش زمین موجب می‌شود این صورت فلکی از شرق طلوع کند، در شمال به مرتفع‌ترین نقطه‌ی خود برسد و سپس در غرب غروب کند. مانند دیگر جرم‌ها و ستاره‌ها در نیم‌کره‌ی جنوبی، به‌نظر می‌رسد جبار از راست به چپ حرکت می‌کند؛ برعکس حرکت آن‌ها در نیم‌کره‌ی شمالی.



زحل در آسمان شب



در جست‌وجوی سیاره‌ها

سیاره‌ها، مانند زحل، در این تصویر همیشه نزدیک دایرةالبروج، مسیر ظاهری سالانه‌ی خورشید در آسمان، دیده می‌شوند. اگر ستاره‌ی درخشانی دیدید که در نقشه نبود، احتمالاً سیاره است. از جدول‌های رصدی سیاره‌ها، نقشه‌های آسمان در ماه‌نامه‌ی نجوم و از نرم‌افزارهای آسمان‌نما جای آن‌ها را در هر زمان بیابید. توجه داشته باشید که زهره همواره در آسمان شامگاهی، در غرب، یا در آسمان صبحگاهی، در شرق، دیده می‌شود و عطارد نیز ممکن است پایین‌تر از آن و لب افق دیده شود.

سیاره‌ها را کجا بیابیم؟

سال	سیاره	فصل / ماه	مکان سیاره
۱۳۸۹	زهره	فروردین تا مهر	شامگاهی
۱۳۸۹	زهره	آبان تا اسفند	صبحگاهی
۱۳۸۹	مریخ	فروردین تا تیر	خرچنگ و اسد
۱۳۸۹	مریخ	مرداد تا مهر	سنبله و میزان
۱۳۸۹	مریخ	آبان تا دی	عقرب، مارافسای و قوس
۱۳۸۹	مریخ	دی تا اسفند	جدی و دلو
۱۳۸۹	مشتری	سراسر سال	دلو و حوت
۱۳۸۹	زحل	سراسر سال	سنبله
۱۳۹۰	زهره	فروردین تا تیر	صبحگاهی
۱۳۹۰	زهره	مهر تا اسفند	شامگاهی
۱۳۹۰	مریخ	فروردین تا خرداد	حوت و حمل
۱۳۹۰	مریخ	خرداد تا شهریور	ثور و جوزا
۱۳۹۰	مریخ	مهر تا اسفند	خرچنگ و اسد
۱۳۹۰	مشتری	فروردین تا خرداد	حوت
۱۳۹۰	مشتری	تیر تا اسفند	حمل
۱۳۹۰	زحل	سراسر سال	سنبله
۱۳۹۱	زهره	فروردین تا خرداد	شامگاهی
۱۳۹۱	زهره	خرداد تا اسفند	صبحگاهی
۱۳۹۱	مریخ	فروردین تا شهریور	اسد و سنبله
۱۳۹۱	مریخ	شهریور و مهر	میزان و عقرب
۱۳۹۱	مریخ	آبان و آذر	مارافسای و قوس
۱۳۹۱	مریخ	دی تا اسفند	جدی و دلو
۱۳۹۱	مشتری	فروردین و اردیبهشت	حمل
۱۳۹۱	مشتری	خرداد تا اسفند	ثور
۱۳۹۱	زحل	فروردین تا آذر	سنبله
۱۳۹۱	زحل	آذر تا اسفند	میزان
۱۳۹۲	زهره	فروردین تا دی	شامگاهی
۱۳۹۲	زهره	دی تا اسفند	صبحگاهی
۱۳۹۲	مریخ	فروردین و اردیبهشت	حوت و حمل
۱۳۹۲	مریخ	خرداد تا مرداد	ثور و جوزا
۱۳۹۲	مریخ	شهریور تا آبان	سرطان و اسد
۱۳۹۲	مریخ	آذر تا اسفند	سنبله
۱۳۹۲	مشتری	فروردین تا خرداد	ثور
۱۳۹۲	مشتری	تیر تا اسفند	جوزا
۱۳۹۲	زحل	فروردین تا مهر	بین جوزا و میزان
۱۳۹۲	زحل	آبان تا اسفند	میزان

بیش‌تر بدانیم

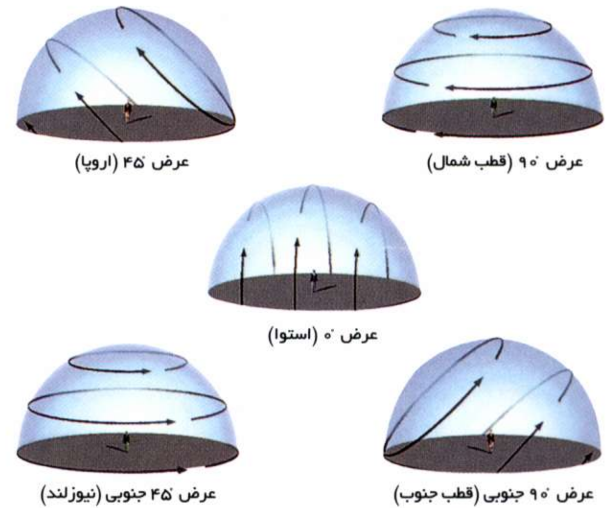
زمین چرخان ۲۶۲
نقشه‌برداری از آسمان شب ۲۷۰
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲

نقشه‌برداری از آسمان شب

به همان اندازه که نقشه‌ی زمین برای گردش‌گران و مسافران کارآمد است، نقشه‌ی آسمان نیز برای اخترشناسان اهمیت دارد. در آسمان حتی دستگاه مختصات مانند طول و عرض جغرافیایی زمین وجود دارد. راه‌های دیگری نیز برای شناخت آسمان هست؛ از جمله روش‌هایی مانند شناخت صورت‌های فلکی که از چندهزار سال پیش از آن‌ها استفاده می‌شده است. دانستن مکان این آرایش‌ها و شکل‌های ستاره‌ای، آسمان را از مجموعه درهمی از ستاره‌ها به مکانی آشنا تبدیل می‌کند؛ مانند کسی که کشورها را در نقشه‌ی زمین می‌شناسد.

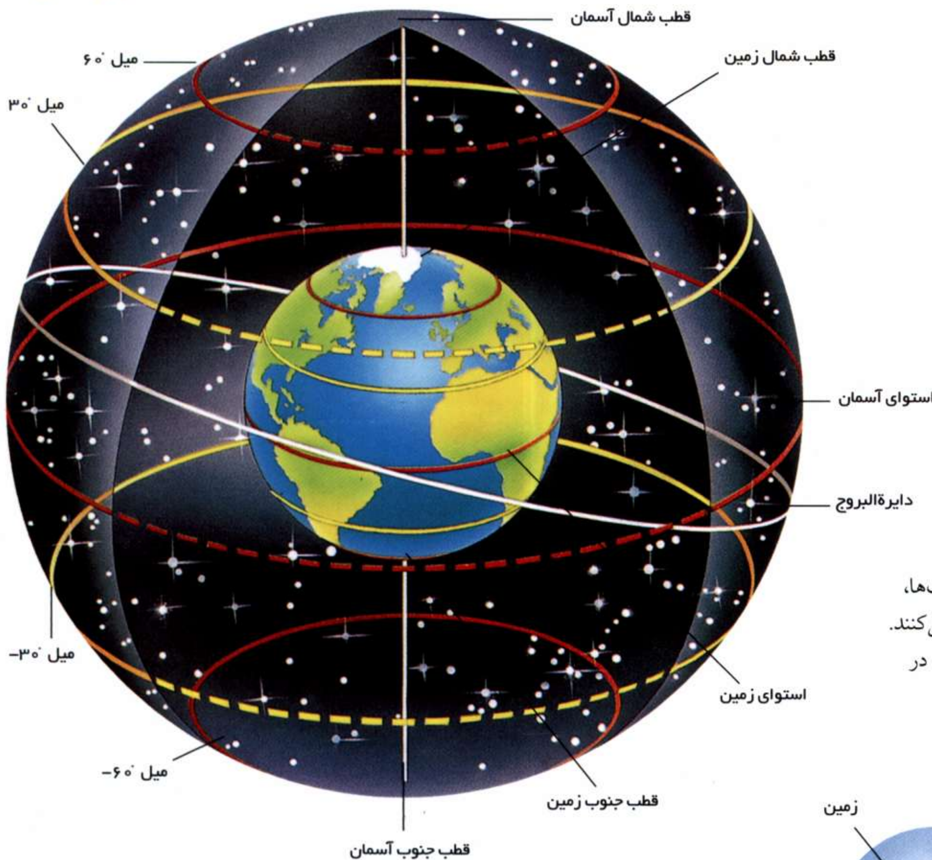
کره‌ی آسمان

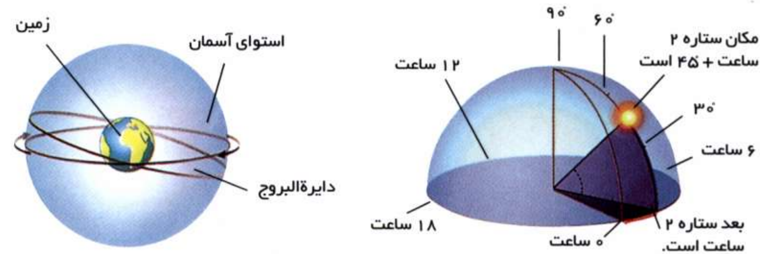
ستاره‌ها در جهت‌ها و فاصله‌های گوناگون در آسمان پراکنده‌اند. اما برای شناخت بهتر آن‌ها، ستاره‌ها را روی کره‌ی بسیار بزرگی به نام کره‌ی آسمان در نظر می‌گیریم که زمین در مرکز آن است. تصویر قطب شمال و جنوب و استوای زمین بر کره‌ی آسمان، قطب‌ها و استوای آسمان را به‌وجود می‌آورند. خطوط مختصاتی روی این کره تصور می‌شود که به اخترشناسان کمک می‌کند مکان ستاره‌ها را ساده‌تر بیابند.



منظره‌ی آسمان در عرض‌های گوناگون جغرافیایی

با چرخش زمین، به‌نظر می‌رسد آسمان در جهت مخالف می‌چرخد. به‌جز در قطب‌ها، ستاره‌ها بسته به عرض جغرافیایی رصدگر، با زاویه‌ی مشخصی طلوع و غروب می‌کنند. برای رصدگری در استوا، همه‌ی آسمان در طی چهار فصل قابل مشاهده است؛ اما در سایر عرض‌های جغرافیایی همواره بخشی از آسمان پنهان است.





مختصات سماوی

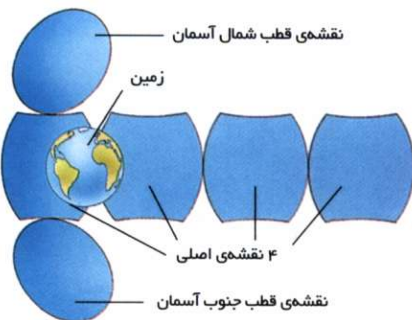
معادل عرض جغرافیایی در آسمان، مِیل نام دارد (میل در شمال استوای آسمان مثبت و جنوب آن منفی است). معادل طول جغرافیایی بُعد نام دارد و با ساعت، دقیقه و ثانیه بیان می‌شود. نصف‌النهار مبدأ سنجش آن دایره‌ای است که از دو قطب آسمان و نقطه‌ی اعتدال بهاری (محل قرارگیری خورشید در آغاز سال) می‌گذرد.

دایرة‌البروج

مسیری که خورشید در آسمان می‌پیماید، دایرة‌البروج یا دایره‌ی برج‌ها نام دارد این دایره تصویر مدار زمین بر کره‌ی آسمان است. این مسیر با استوای آسمان ۲۳ درجه زاویه دارد؛ زیرا استوای زمین با صفحه‌ی مداری سیاره‌ی ما این زاویه را دارد. مسیر حرکت سیاره‌ها و ماه نیز در نزدیکی دایرة‌البروج قرار دارد.

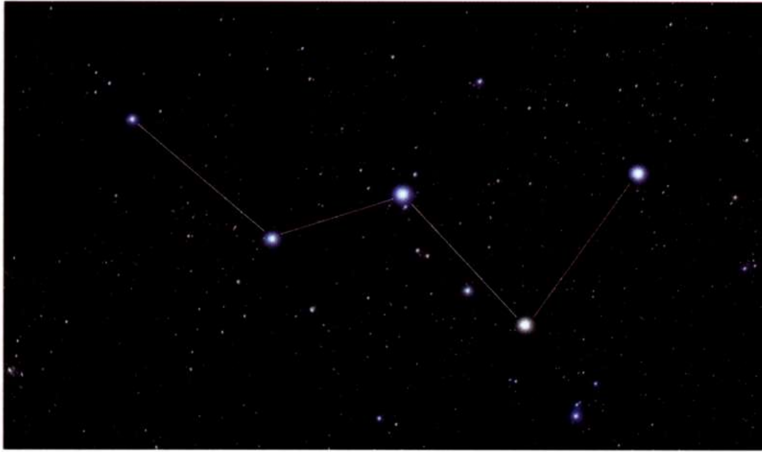
نقشه‌های ستاره‌ای

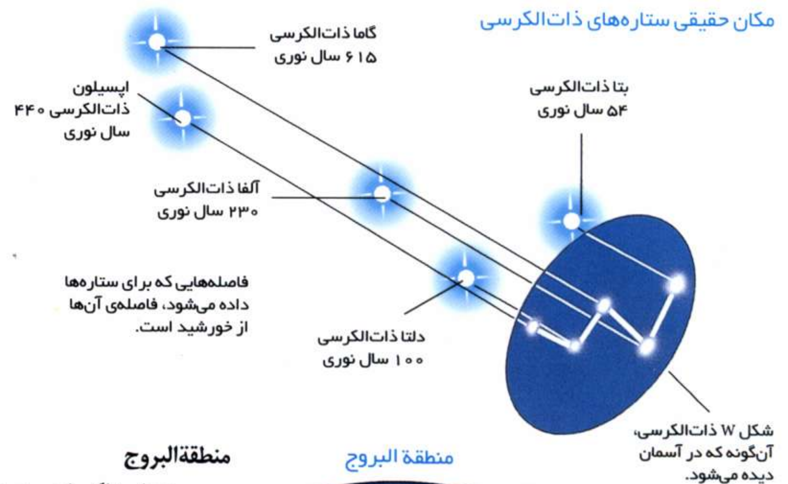
کره‌ی آسمان، گنبد دواری است که اطراف ما کشیده شده است؛ اما نقشه تخت است. تصویر کردن سطحی کروی روی نقشه‌ای تخت به این معناست که مکان برخی از ستاره‌ها کمی جابه‌جا می‌شود. برای این‌که جابه‌جایی به کمترین مقدار خود برسد، آسمان به چند بخش تقسیم می‌شود؛ مانند پوست کندن یک پرتقال و چسباندن تکه‌های پوست آن روی سطحی تخت.



صورت‌های فلکی

صورت فلکی، چیدمان و شکل مشخصی از ستاره‌ها در آسمان است. کل آسمان به ۸۸ صورت فلکی تقسیم شده است. هیچ ارتباط واقعی بین اعضای یک صورت فلکی وجود ندارد. مثلاً ۵ ستاره‌ی اصلی صورت فلکی ذات‌الکرسی هریک در فاصله‌های گوناگونی و در جایی از فضا قرار دارند و هیچ‌یک نزدیک دیگری نیست. خطوطی که در نقشه‌های ستاره‌ای، ستاره‌ها را به‌هم وصل کرده، خطوطی فرضی برای کمک به تشخیص صورت‌های فلکی و شکل افسانه‌ای آن‌هاست.


ذات‌الکرسی

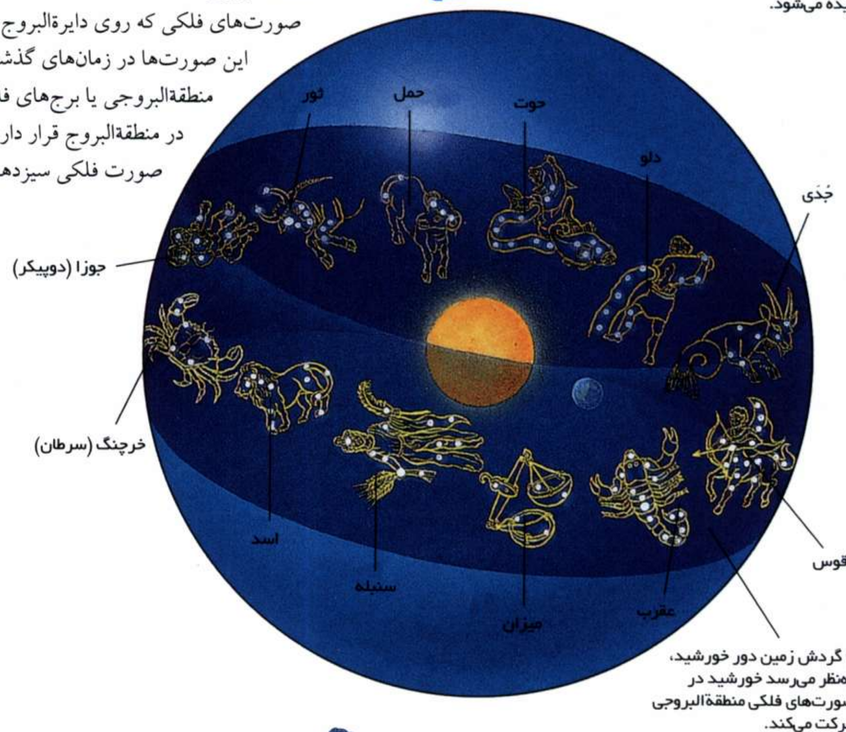


ستاره‌های صورت فلکی

ممکن است ستاره‌های اصلی و پرنورتر هر صورت فلکی، اسامی خاصی داشته باشند. اما علاوه بر آن، حروف یونانی هم بر آن‌ها گذاشته می‌شود که از آلفا برای پرنورترین ستاره تا امگا برای ستاره‌ی کم‌نور ادامه دارد. پس از حرف یونانی، نام صورت فلکی هم گفته می‌شود؛ آلفا ـ ذات‌الکرسی به معنای آلفای ذات‌الکرسی است. با شناخت ستاره‌های بیش‌تری در هر صورت فلکی، ۲۴ حرف الفبای یونانی برای نام‌گذاری همه کافی نبود و ستاره‌ها با عدد یا با بعد و میل هم فهرست شدند.

منطقة‌البروج

صورت‌های فلکی که روی دایرة‌البروج قرار دارند، میزبان خورشید، ماه و سیاره‌ها هستند. این صورت‌ها در زمان‌های گذشته جایگاه خاصی داشتند. نام آن‌ها صورت‌های فلکی منطقة‌البروجی یا برج‌های فلکی است. از گذشته و به شکل نمادین ۱۲ صورت فلکی در منطقة‌البروج قرار دارد. اما بنا بر تقسیم‌بندی‌های جدید، دایرة‌البروج از میان صورت فلکی سیزدهم نیز عبور می‌کند که مارافسای است.

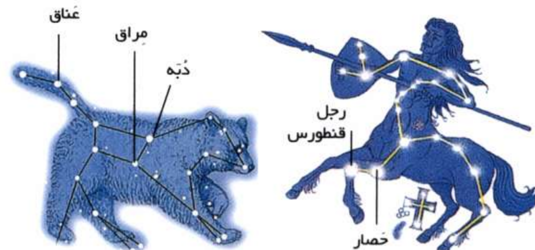


با گردش زمین دور خورشید، به‌نظر می‌رسد خورشید در صورت‌های فلکی منطقة‌البروجی حرکت می‌کند.

تماشای صورت‌های فلکی		
نام	بهترین ماه	مکان
حمل	آبان	۶۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۹۰ درجه‌ی شمالی
ثور (گاو)	آذر	۶۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۹۰ درجه‌ی شمالی
جوزا (دوپیکر)	دی	۶۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۹۰ درجه‌ی شمالی
خرچنگ (سرطان)	بهمن	۶۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۹۰ درجه‌ی شمالی
اسد (شیر)	فروردین	۸۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۸۰ درجه‌ی شمالی
سنبله	اردیبهشت	۹۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۸۰ درجه‌ی شمالی
میزان (ترازو)	خرداد	۹۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۷۰ درجه‌ی شمالی
عقرب	تیر	۹۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۵۰ درجه‌ی شمالی
قوس	تیر	۹۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۵۰ درجه‌ی شمالی
جَدی	شهریور	۹۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۶۰ درجه‌ی شمالی
دَلو	مهر	۸۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۶۰ درجه‌ی شمالی
حوت (ماهی)	آبان	۶۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۹۰ درجه‌ی شمالی
جبّار (شکارچی)	دی	۸۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۷۰ درجه‌ی شمالی
صلیب جنوبی	بیش‌تر سال (بهمن)	۹۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۲۵ درجه‌ی شمالی
دب اکبر	بیش‌تر سال (بهمن)	۲۵ درجه‌ی جنوبی ـ ۹۰ درجه‌ی شمالی
قنطورس	بهمن	۹۰ درجه‌ی جنوبی ـ ۲۵ درجه‌ی شمالی

بیش‌تر بدانیم

زمین چرخان ۲۶۲ ، مدار زمین ۲۶۴ ، نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲



دب اکبر یا خرس بزرگ، نشان‌دهنده‌ی شکل خرسی با دمی بلند است که ستارگان اصلی آن بیش‌تر شبیه به ملاقه‌ای بزرگ هستند. شکل ستاره‌های صور فلکی به‌ندرت به نام آن‌ها شبیه است.

قنطورس، موجودی برگرفته از اساطیر یونان است که نیمی از بدن آن انسان و نیمی دیگر اسب است. دو ستاره‌ی پرنور به نام‌های آلفا ـ قنطورس یا رجل قنطورس و بتا ـ قنطورس یا حضار در این صورت فلکی قرار دارد. در میان ستاره‌های پرنور آسمان، آلفا ـ قنطورس نزدیک‌ترین ستاره به ماست.

نام‌گذاری صورت‌های فلکی

نام برخی از صورت‌های فلکی به هزاران سال پیش بازمی‌گردد. آن‌هایی که امروز نیز استفاده می‌شوند، بیش‌تر از رصدگران یونانی گرفته شده است که برگرفته از شخصیت‌های اسطوره‌ای آن‌هاست، مانند هرکول (جاثی). اما برخی نام‌ها نیز، به خصوص در نیم‌کره‌ی جنوبی، جدیدترند.

نقشه‌های آسمان قطبی

این نقشه‌ها، ستاره‌هایی را که تقریباً در تمام طول سال در نیم‌کره‌های شمالی و جنوبی دیده می‌شوند، نشان می‌دهد. مکان جرم‌های بارز و زیبای آسمان، مانند خوشه‌های ستاره‌ای و کهکشان‌ها نیز روی این نقشه‌ها مشخص است. برای استفاده از نقشه در نیم‌کره‌ی شمالی، رو به شمال و در نیم‌کره‌ی جنوبی، رو به جنوب بایستید. نقشه را بچرخانید تا ماهی که در آن هستید، رو به بالا باشد. آن‌چه در نقشه می‌بینید، منظره‌ی آسمان در حدود ساعت ۱۰ شب است (در تابستان، ساعت ۱۱ شب). اگر زودتر از ۱۰ شب رصد می‌کنید، برای هر ساعت پیش از ۱۰ شب در نیم‌کره‌ی شمالی، نقشه را ۱ ساعت در جهت عقربه‌ی ساعت و در نیم‌کره‌ی جنوبی، برخلاف جهت عقربه‌ی ساعت بچرخانید. توجه داشته باشید که ممکن است در منظره‌ی پایین نقشه‌ی هر ماه، به سبب عرض جغرافیایی کمتر محل رصد شما یا به دلیل موانعی در افق دید، بخشی از ستاره‌های نزدیک افق دیده نشود.

جلوه‌های آسمان شمالی

۷ ستاره‌ی اصلی صورت فلکی دب‌اکبر، شکل بارزی به شکل یک ملاقه دارند. دو ستاره‌ی سر ملاقه، دُبّه و مِراق‌اند که به سوی ستاره‌ی قطبی یا جُدَی اشاره می‌کنند که هر شب تقریباً در جای ثابتی قرار دارد. در سوی دیگر ستاره‌ی قطبی، ذات‌الکرسی با شکل W مانند خود قرار دارد و ستاره‌های برساوش در کنار آن هستند. بین این دو صورت فلکی خوشه‌ی زیبای دوتایی قرار دارد.

ستاره‌ی درخشان عیوق در ارابه‌ران، دو ستاره‌ی غول زرد است. آن‌ها چنان به هم نزدیک‌اند که یکی دیده می‌شوند.

میل، معادل عرض جغرافیایی زمین در آسمان است که با خطوط دایره‌ای نشان داده می‌شود. میل بر حسب درجه است.

بُعد، معادل طول جغرافیایی زمین در آسمان است که در این‌جا با خطوط صافی که از مرکز می‌گذرند، نشان داده می‌شود. خطوط میل مانند نصف‌النهار در زمین، دایره‌هایی روی کره‌ی آسمان هستند که از دو قطب آسمان عمود بر استوای آن می‌گذرند. آسمان به ۲۴ ساعتِ بُعد تقسیم شده است.

دو خوشه‌ی ستاره‌ای باز که با چشم غیر مسلح نیز در آسمان تاریک مانند ابری کوچک دیده می‌شوند، خوشه‌ی دوتایی را به‌وجود می‌آورند.

نقشه‌ی آسمان قطب شمال

ستاره‌های دور قطبی

برای هر عرض جغرافیایی، ستاره‌هایی که هرگز طلوع و غروب نمی‌کنند، دور قطبی نام دارند. با آن‌که این ستاره‌ها همیشه در آسمان و نزدیک به قطب شمال یا جنوب آسمان هستند، مکان آن‌ها دور نقطه‌ی قطب آسمان همواره در حال تغییر است. با چرخش زمین (۱۵درجه در هر ساعت) ستاره‌ها نیز به همان اندازه در آسمان جابه‌جا می‌شوند. ستاره‌های دور قطبی آسمان، بنا بر فاصله از استوا، تغییر می‌کنند. در قطب‌های زمین همه‌ی ستاره‌ها دور قطبی‌اند؛ در استوا، همه‌ی ستاره‌ها طلوع و غروب دارند. عدد هر عرض جغرافیایی روی زمین همان زاویه‌ی ارتفاع ستاره‌ی قطبی در آن محل است و محدوده‌ی ستاره‌های دور قطبی را نشان می‌دهد. مثلاً عرض جغرافیایی تهران حدود ۳۵ درجه است. در نتیجه ستاره‌ی قطبی نیز در همین ارتفاع از افق است و تا فاصله‌ی ۳۵ درجه‌ای آن ستاره‌ها دور قطبی به‌شمار می‌آیند.

صورت‌های فلکی

ابتدا صورت فلکی فقط آرایش و شکل مشخصی از تعدادی ستاره بود که نامی، اغلب اسطوره‌ای، بر آن می‌گذاشتند. در سال ۱۹۳۰، اخترشناسان آسمان را مانند کشورهای زمین، بر اساس صورت‌های فلکی رسم شده، به ۸۸ ناحیه تقسیم کردند که هریک قلمرو صورت فلکی خاصی است و هیچ ناحیه‌ای در آسمان خالی نمانده است. اکنون نام یک صورت فلکی، علاوه بر ستاره‌هایی که آن شکل خاص را کنار هم تشکیل داده‌اند، به همه‌ی ناحیه آن صورت فلکی داده می‌شود.

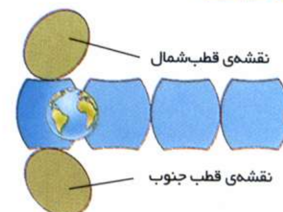


جلوه‌های آسمان جنوبی

بارزترین عضو آسمان جنوبی، صلیب جنوبی است که از ۵ ستاره درخشان تشکیل شده است. اگر خطی را که ستاره‌ی نیّر نعیم (پرنورترین) را به گاما ـ صلیب جنوبی وصل می‌کند، ادامه دهید به قطب جنوب آسمان می‌رسید که در مرکز نقشه قرار دارد. دو ستاره‌ی درخشان آلفا ـ قنطورس و حَضار (بتا ـ قنطورس) راهنمای یافتن صلیب جنوبی هستند.

آلفا ـ قنطورس در فاصله‌ی ۴/۴ سال نوری، نزدیک‌ترین ستاره‌ی درخشان به خورشید است. حتی یک تلسکوپ کوچک هم نشان می‌دهد که ستاره‌ای دوتایی است.

موقعیت‌یاب

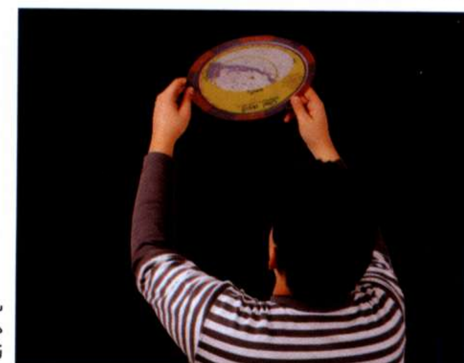


صلیب جنوبی کوچک‌ترین صورت فلکی آسمان، اما از بارزترین آن‌ها نیز هست. ستاره‌های اصلی آن روی پرچم استرالیا و زلاندنو کشیده شده‌اند.

ابرهای بزرگ و کوچک ماژلان، کهکشان‌هایی‌اند که دور راه شیری می‌گردند. هر دو کهکشان اقماری، با چشم غیر مسلح دیده می‌شوند؛ اما با دوربین‌های دوچشمی می‌توانید خوشه‌های ستاره‌ای و سحابی‌های درون آن‌ها را نیز ببینید.

نقشه‌ی آسمان قطب جنوب

گردونه‌ی آسمان



ستاره‌های قابل مشاهده در آسمان، با توجه به زمان و مکان رصد.

استفاده از گردونه‌های آسمان

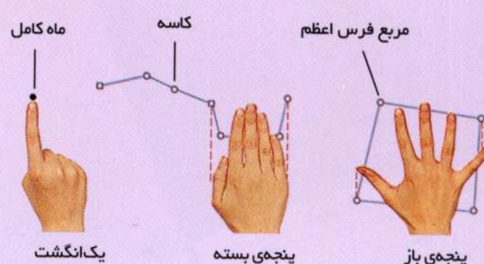
گردونه، نقشه‌ی ستاره‌ای دایره‌ای با پوششی طلقی روی آن است که منظره‌ی آسمان را، در هر زمان که بخواهید، نشان می‌دهد. اگر آن را بالای سر خود، رو به آسمان، نگه‌دارید، ستاره‌های قابل مشاهده در آسمان را نشان می‌دهد. گردونه‌ی آسمان برای عرض جغرافیایی خاصی طراحی می‌شود؛ بنابراین پیش از خرید گردونه مطمئن شوید که برای عرض جغرافیایی شما مناسب است.

پروین جنوبی

این خوشه‌ی ستاره‌ای باز به نام IC۲۶۰۲ به آسانی با چشم غیر مسلح دیده می‌شود. گاه به سبب شباهت به خوشه‌ی پروین، پروین جنوبی نامیده می‌شود. این خوشه حدود ۳۰ ستاره‌ی اصلی دارد که ۸تای آن‌ها پرنورتر از قدر ۶ هستند.

زاویه‌سنجی در آسمان

برای اندازه‌گیری فاصله‌ها در آسمان و مقایسه‌ی نقشه‌ها با آسمان حقیقی، می‌توانیم از انگشتان دست‌هایمان استفاده کنیم. یک دایره‌ی کامل، که شما در مرکز آن ایستاده‌اید ۳۶۰ درجه است. بازوی خود را کاملاً بکشید و در امتداد نگاه خود قرار دهید. در این حالت، پهنای انگشت نشانه‌ی شما حدود ۱ درجه از آسمان را می‌پوشاند که ۲ برابر اندازه‌ی ماه کامل است. پنجه‌ی بسته حدود ۱۰ درجه، به اندازه‌ی کاسه‌ی ملاقه‌ی دب اکبر و پنجه‌ی باز برابر مربع فرس اعظم (اسب بال‌دار)، حدود ۱۶ تا ۲۰ درجه است.



بیش‌تر بدانیم

اندازه‌های ستاره‌ها ۱۸۲
آمادگی برای رصد ۲۶۸
نقشه‌برداری از آسمان شب ۲۷۰
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲
اخترشناسی با دوربین دوچشمی ۲۸۸

آسمان نیم‌کره‌ی شمالی در تابستان و پاییز

نقشه‌های نیم‌کره‌ی شمالی، آسمان را برای رصدگری که رو به جنوب ایستاده است، نشان می‌دهد. نقشه‌ی ماهی را که در آن هستید، انتخاب کنید. نقشه، آسمان شب آن تاریخ را در حدود ساعت ۱۰ شب (در تابستان ساعت ۱۱ شب) نشان می‌دهد. ستاره‌هایی که غرب‌ترند، زودتر و ستاره‌های شرق‌تر کمی دیرتر دیده می‌شوند. ستاره‌های نزدیک به پایین نقشه در افق و آن‌هایی که در بالا قرار دارند، تقریباً در سرسو دیده می‌شوند. این نقشه برای عرض جغرافیایی حدود ۴۰ درجه‌ی شمالی است و در عرض‌های جنوبی‌تر، مانند نیمه‌ی جنوبی ایران، ستاره‌های پایین نقشه ارتفاع بیش‌تری دارند و ستاره‌های جدیدی در افق جنوب دیده می‌شوند.

جلوه‌های پاییزی

مربع بزرگ اسب بال‌دار یا فَرَس اعظم، راهنمای مناسبی در آسمان است. با آن‌که ۴ ستاره‌ی آن چندان پرنور نیستند، چون ستاره‌های کمی در اطراف آن‌هاست، به سادگی پیدا می‌شوند. به کمک یکی از گوشه‌های آن، می‌توانید مسلسله را بیابید که ستاره‌ی مشترکی با مربع بزرگ دارد. راس‌المسلسله، ستاره‌ی بالای چپ مربع، در حقیقت ستاره‌ی صورت فلکی مسلسله است. ضلع راست مربع به سوی پایین (جنوب) به ستاره‌ی پرنور فم‌الحوت در نزدیکی افق می‌رسد و خطی که ستاره‌ی بالای چپ مربع را به ستاره‌ی پایین راست آن وصل می‌کند، به سمت مجموعه‌ای از ستاره‌های پیکان‌مانند در صورت فلکی دَلْوْ یا آب‌ریز اشاره دارد.

نقشه‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که هم‌پوشانی می‌کنند و ستاره‌های لبه‌ی نقشه، در نقشه‌های بعدی تکرار شده‌اند. ستاره‌های لبه‌ی بالایی نیز در نقشه‌ی قطب شمال آسمان و ستاره‌های لبه‌ی پایین، در نقشه‌ی قطب جنوب آسمان تکرار شده است. اگر همه‌ی این‌ها را کنار هم بگذارید، نقشه‌ای کامل به‌وجود می‌آید.

بُعد، معادل طول جغرافیایی زمین، بر حسب ساعت در بالا و پایین نقشه نوشته شده است.

میل، معادل عرض جغرافیایی زمین، بر حسب درجه در دو سمت نقشه نوشته شده است.

کهکشان مسلسله یا آندرومدا دورترین جرمی است که با چشم غیر مسلح دیده می‌شود. این کهکشان در فاصله‌ی ۲/۵ میلیون سال نوری از ما قرار دارد. از ستاره‌ی راس‌المسلسله با دنبال کردن ستاره‌ها به سمت شمال شرق، می‌توانید آن را بیابید.



خوشه‌ی کروی M۱۵

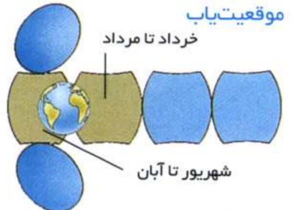
این خوشه در ۲۰ درجه‌ای راست، در لبه‌ی پایینی مربع بزرگ قرار دارد. در دوربین‌های دوچشمی، M۱۵ توده‌ای محو است؛ اما با تلسکوپ، توپی از انبوه ستاره دیده می‌شود.

راهنما در صفحه‌ی ۲۷۲

جلوه‌های تابستانی

در این زمان در آسمانی تاریک، راه شیری به‌وضوح دیده می‌شود. مثلث زیبای تابستانی با ۳ ستاره‌ی پرنور رِدْف، نَسر واقع (پرنده‌ی نشسته) و نَسر طایر (پرنده‌ی در حال پرواز) در آسمان دیده می‌شود. دجاجه یا قو درون راه شیری قرار دارد و نوار باریکی به نام شکاف دجاجه، که میان دجاجه و مار قرار دارد، ستاره‌های پشت خود را پنهان می‌کند. به دنبال قوس و سپر بگردید؛ در نزدیکی آن‌ها روشن‌ترین بخش نوار راه شیری قرار دارد. در جنوب، دو صورت فلکی بارز عقرب و قوس، در دو سمت راه شیری قرار دارند.

موقعیت‌یاب





سحابی دمبل، بازمانده‌ی ستاره‌ای خورشیدمانند است که هزاران سال پیش مرده است.

سحابی دمبل

زیر دجاجه، سحابی سیاره‌نمای نسبتاً کوچک اما زیبایی قرار دارد که با دوربین دوچشمی به‌راحتی دیده می‌شود؛ اما گرچه رنگی از آن نخواهید دید. در تلسکوپ‌های کوچک، دو بخش روشن قرینه‌ی آن شبیه به دمبل یا ساعت شنی است.



خوشه‌ی مرغابی وحشی

این خوشه‌ی ستاره‌ای باز، در بالای سپر، با دو چشم تیزبین نیز در آسمان تاریک دیده می‌شود. تلسکوپی کوچک یا دوربین دوچشمی مناسب، نشان می‌دهد ستاره‌های آن آرایشی V مانند دارند که شبیه به پرواز دسته جمعی مرغابی‌های وحشی است.

۳ ستاره‌ی پرنور، از سه صورت فلکی متفاوت: ردف در دجاجه، نسر واقع در شلیاق و نسر طایر در عقاب، مثلث تابستانی را می‌سازند.

بتا ـ دجاجه ستاره‌ای دوتایی است که سر دجاجه یا قو را می‌سازد. در دوربین‌های دوچشمی قوی، دو ستاره با رنگ‌های زیبای زرد و آبی تفکیک می‌شوند.

سحابی عقاب، درست زیر سر مار، در دوربین‌های دوچشمی نقطه‌ی محوی از نور است. با تلسکوپی مناسب، شکل تیره‌ای در میان سحابی می‌بینید که در عکس‌ها شبیه به عقابی با بال‌های گشوده است.

بیش‌تر بدانیم

آسمان نیم‌کره‌ی شمالی در زمستان و بهار

در زمستان ستاره‌ها و صورت‌های فلکی جاذبه‌های اصلی آسمان هستند؛ زیرا نوار راه شیری کم‌نور است. در این میان، صورت فلکی جبّار (شکارچی) و پرنورترین ستاره‌ی شب، شباهنگ، قرار دارند. بسیاری از ستاره‌هایی که می‌بینیم، در بازوی محلی خودمان در کهکشان قرار دارند و بسیاری از سحابی‌هایی که زایشگاه ستاره‌ها هستند، مانند سحابی جبّار، در این بازو جای گرفته‌اند. خوشه‌های ستاره‌ای بسیاری نیز دیده می‌شوند. در بهار، که به سمت بیرون راه شیری می‌نگریم، خوشه‌ی کهکشانی سنبله در معرض نمایش است.

جلوه‌های آسمان بهار

اسد، شیر آسمانی، سلطان آسمان بهار است. چیدمان داس‌مانند یا علامت سؤال‌مانندی از ستاره‌ها، سرِ شیر را تشکیل می‌دهد. به دنبال اسد، در جنوب شرق، سنبله قرار دارد که تشخیص شکل آن کمی دشوار است. بین اسد و سنبله، خوشه‌ی سنبله با بیش از ۲هزار کهکشان قرار دارد؛ اما فقط تعداد کمی از آن‌ها بدون ابزارهای بزرگ قابل مشاهده‌اند. زیر سنبله، صورت فلکی کوچکی با ۴ ستاره‌ی اصلی، به نام کلاغ، قرار دارد. با آن‌که ستاره‌های آن چندان پرنور نیستند، به‌سادگی می‌توان این ذوزنقه را در آسمان یافت.

بالای سر
اردیبهشت
فروردین
اسفند
+۵۰ ۱۵H ۱۴H ۱۳H ۱۲H ۱۱H ۱۰H ۹H
قائد
کهکشان گرداب
M۶۳ M۹۴
تازی‌ها
دب‌اکبر
سیاهگوش
اسد اصغر
ازار
M۳
عوا
سماک رامح
گیسوان برنیکه
کهکشان سیاه‌چشم
سرطان (خرچنگ)
کندوی عسل
NGC۲۹۰۳
جبهه
داس
اسد
M۸۸ M۱۰۰ M۹۰ M۸۶ M۸۴ M۶۰ M۸۷ M۴۹ M۶۱
خوشه‌ی سنبله
ذنب‌الاسد
M۶۶ M۶۵
قلب‌الاسد
M۶۷
سر شجاع
زاویةالعوا
سنبله
دایرةالبروج
سدس
کهکشان کلاه مکزیکی
سماک اعزل
میزان
کلاغ
جام
فرد
کفه جنوبی
سحابی روح مشتری
شجاع
شجاع
M۸۳
قنطورس
تلمبه
قطب‌نما
سحابی هشت انفجار
قنطورس A
امگا قنطورس
گرگ
بادبان
اردیبهشت
فروردین
اسفند
افق جنوب
شرق
غرب



کهکشان سیاه‌چشم

کهکشانی مارپیچی، درست پایین صورت فلکی گیسوان برنیکه است که با نوار غبار تاریکی نزدیک به مرکز آن، شکل خاصی به خود گرفته است. تلسکوپ‌های کوچک فقط توده‌ی محوی از نور نشان می‌دهند؛ اما در تلسکوپ‌های بزرگ، نمایی مانند چشم می‌بینند.

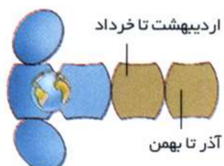
M۶۵ و M۶۶، دو کهکشان در اسد هستند. چون بین دو ستاره‌ی نسبتاً پرنور قرار دارند و خود آن‌ها جرم‌های روشنی هستند، به‌راحتی دیده می‌شوند. با تلسکوپ کوچک، دو کهکشان مانند دو رد باریک نور دیده می‌شوند.

گاما ـ سنبله، ستاره‌ای دوتایی است. بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۷، این دو ستاره آن‌قدر به هم نزدیک بودند که حتی با تلسکوپ نیز یک ستاره دیده می‌شدند. پس از آن در سال ۲۱۷۴ دوباره چنین رخ‌دادی مشاهده خواهد شد.

راهنما در صفحه‌ی ۲۷۲

جلوه‌های آسمان زمستان

جبّار، شکارچی آسمان، بارزترین شکل آسمانی در این زمان است. ۳ ستاره‌ی هم‌نور کمربند جبّار، به سوی ستاره‌ی دبران در ثور نشانه رفته‌اند و بعد از آن به خوشه‌ی ستاره‌ای پروین می‌رسند. از سمت دیگر، یعنی به سوی جنوب شرقی نیز شباهنگ، پرنورترین ستاره‌ی آسمان را نشان می‌دهند. یدالجوزا (شانه‌ی شکارچی)، شباهنگ و شِعرای شامی (آلفا ـ کلب اصغر)، مثلث زمستانی را تشکیل می‌دهند. با ادامه دادن خط واصل رجل‌الجبار (پای شکارچی) و یدالجوزا، به صورت فلکی جوزا (دوپیکر) می‌رسید. دو ستاره‌ی هم‌نور پلوکس و کاستور سر دو پیکر را نشان می‌دهند. در بالای جبّار نیز ارابه‌ران، با ستاره‌های درخشان عیوق و سه خوشه‌ی ستاره‌ای M۳۶، M۳۷ و M۳۸ دیده می‌شود.



موقعیت‌یاب



M۳۶ خوشه‌ی فشرده‌ای از ۶۰ ستاره است؛ در حالی که حدود ۱۰۰ ستاره در منطقه‌ی وسیع‌تری، M۳۸ را تشکیل می‌دهند.

خوشه‌های M۳۶ و M۳۸

M۳۶ خوشه‌ی پرنورتر است. هر دو خوشه با چشم غیر مسلح در آسمان تاریک دیده می‌شوند. به سبب نزدیکی M۳۶ و M۳۸، در اولین نگاه با چشم غیر مسلح، ممکن است دو خوشه با دنباله‌دار اشتباه شوند؛ اما در دوربین دوچشمی یا تلسکوپی کوچک، ستاره‌های آن‌ها به زیبایی تفکیک می‌شوند.



کندوی عسل

کندوی عسل، خوشه‌ی ستاره‌ای باز و پرنور در خرچنگ است که در شب‌های صاف و تاریک، با چشم غیر مسلح نیز به‌خوبی دیده می‌شود. منجم ایرانی، عبدالرحمن صوفی رازی، آن را حدود هزار سال پیش در کتاب راهنمای آسمان خود فهرست کرده است. با دوربین دوچشمی، منظره‌ی بی‌نظیری از خوشه خواهید دید که ستاره‌ها مانند انبوه زنبورهای داخل کند و به‌نظر می‌رسند.



خوشه‌ی M۳۵

خوشه‌ی باز M۳۵، در جوزا، با چشم برهنه دیده می‌شود. با دوربین دوچشمی برخی از ۱۲۰ ستاره‌ی آن تفکیک می‌شوند. با تلسکوپ خوشه‌ی دورتری نیز در کنار آن دیده می‌شود.

سحابی جبّار، پرنورترین سحابی آسمان است. با چشم غیر مسلح، ابر کوچک مه‌آلودی است؛ اما در شبی تاریک با تلسکوپی کوچک، ابر کیهانی باشکوهی است که ۴ ستاره به شکل یک ذوزنقه در مرکز آن دیده می‌شود.

بیش‌تر بدانیم

جایی که ستاره‌ها متولّد می‌شوند ۱۹۲
همسایگان محلی ما ۲۱۸
کهکشان‌ها ۲۳۰
آمادگی برای رصد ۲۶۸
نقشه‌برداری از آسمان شب ۲۷۰
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲
اخترشناسی با دوربین دوچشمی ۲۸۸

بالای سر

بهمن | دی | آذر

۹H ۸H ۷H ۶H ۵H ۴H ۳H

+۵۰ +۴۰ +۳۰ +۲۰ +۱۰ ۰ −۱۰ −۲۰ −۳۰ −۴۰ −۵۰

دب‌اکبر، سیاه‌گوش، ارابه‌ران، عیوق، اپسیلون ارابه‌ران، خوشه‌ی آلفای برساوش، رأس‌الغول، برساوش، M۳۶، M۳۸، M۳۷، کاستور، پلوکس، سرطان، قرن‌الثور، پروین، حَمَل، M۳۵، کندوی عسل، سحابی خرچنگ، ثور، دایره‌البروج، قلائص، دبران، M۶۷، جوزا (دوپیکر)، کلب اصغر، یدالجوزا، ناجذ، قیطس، شعرای شامی، سحابی روزت، سرشجاع، شجاع، کمربند جبار، جبار، M۷۷، سحابی جبار، بتا تک‌شاخ، تک‌شاخ، اپسیلون نهر، رجل‌الجبار، M۴۷، شباهنگ، ۴۰ نهر، M۴۱، خرگوش، نهر، کلب‌اکبر، عذاری، قطب‌نما، کبوتر، کشتیرم، کوره، NGC۲۴۵۱، اسکنه، ساعت، بادبان، سمپایه، گاما بادبان

دی | بهمن | آذر

افق جنوب

شرق — غرب

آسمان نیم‌کره‌ی جنوبی از شهریور تا بهمن

نقشه‌های نیم‌کره‌ی جنوبی، آسمان را برای رصدگری که رو به شمال ایستاده است، نشان می‌دهد. این نقشه‌ها برای رصدگران نیم‌کره‌ی شمالی نیز کارآمد است. فقط کافی است که آن‌را وارونه بگیرند. نقشه‌ی ماهی را که در آن هستید، انتخاب کنید. نقشه، آسمان شب آن تاریخ را در حدود ساعت ۱۰ شب (در تابستان ساعت ۱۱ شب)، نشان می‌دهد. ستاره‌هایی که غربی‌ترند، زودتر و ستاره‌های شرقی‌تر کمی دیرتر دیده می‌شوند. ستاره‌های نزدیک به پایین نقشه در افق شمال و آن‌هایی که در بالا قرار دارند، تقریباً در سرسو دیده می‌شوند. این نقشه برای عرض جغرافیایی حدود ۴۰ درجه‌ی جنوبی مناسب است و در عرض‌های نزدیک‌تر به استوا، ستاره‌های بیش‌تری از نقشه‌ی نیم‌کره‌ی شمالی در افق شمال پدیدار می‌شود.

جلوه‌های آسمان شهریور تا آبان

پرنورترین ستاره‌ی این بخش آسمان، فَمُ‌الحوت در حوت جنوبی است. مربّع فرس اعظم یا مربع بزرگ، در آسمان شمالی است. به کمک گوشه‌های مربع، مسلسله، دَلْو، حوت و قیطس را بیابید. با وجود آن‌که ستاره‌های حوت کم‌نورند، گاهی با قرار گرفتن سیاره‌ی درخشانی در میان آن‌ها، بارز و دیدنی می‌شوند.

اگر در نیم‌کره‌ی شمالی از این دو نقشه استفاده می‌کنید، بالای سر در پایین و افق جنوب در بالا قرار می‌گیرد.

بالای سر

افق شمالی

غرب

شرق

نقشه‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که هم‌پوشانی می‌کنند و ستاره‌های لبه‌ی نقشه، در نقشه‌های بعدی تکرار شده‌اند. ستاره‌های لبه‌ی بالایی نیز در نقشه‌ی قطب جنوب آسمان و ستاره‌های لبه‌ی پایین در نقشه‌ی قطب شمال آسمان تکرار شده‌اند. اگر همه‌ی این‌ها را کنار هم بگذارید، نقشه‌ی کاملی به‌وجود می‌آید.

بُعد، معادل طول جغرافیایی زمین، برحسب ساعت در بالا و پایین نقشه نوشته شده است.

میل، معادل عرض جغرافیایی زمین، برحسب درجه در دو سمت نقشه نوشته شده است.



سحابی هلیکس

بزرگ‌ترین و نزدیک‌ترین سحابی سیاره‌نما، هلیکس در دَلْو است که با دوربین دوچشمی یا تلسکوپ، در آسمانی بسیار تاریک دیده می‌شود. رنگ سرخ آن فقط در عکس‌ها ثبت می‌شود.

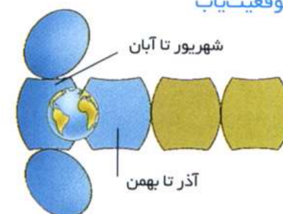
کهکشان مثلث (M۳۳)، قرصی مه‌آلود به اندازه‌ی ماه کامل در آسمان است که با دوربین‌های دوچشمی در آسمان تاریک دیده می‌شود. این کهکشان کمی از کهکشان مسلسله، که در شمال شرقی آن قرار دارد، دورتر است.

راهنما در صفحه‌ی ۲۷۲

جلوه‌های آسمان آذر تا بهمن

جبّار، راهنمای یافتن بسیاری از صورت‌های فلکی دیگر است. سه ستاره‌ی هم‌نور کمربند جبّار، از سمت شمال شرقی به سوی شباهنگ و کلب‌اکبر و از سمت جنوب غربی به سوی دبران و ثور نشانه می‌روند. در نزدیکی دبران، خوشه‌ی ستاره‌ای به شکل V به نام قلائص قرار دارد. خوشه‌ی پروین، در غرب آن، چشم را به سوی خود جذب می‌کند؛ زیرا ستاره‌های پرنور کمی اطراف آن وجود دارد.

موقعیت‌یاب





ستاره‌ی شباهنگ و خوشه‌ی M۴۱ (دایره) در حال طلوع بالای کوه‌های البرز

خوشه‌ی M۴۱

در جنوب شباهنگ، خوشه‌ی باز M۴۱، که با چشم غیر مسلح نیز دیده می‌شود، قرار دارد. از دید دوربین‌های دوچشمی پیداست که بسیاری از ستاره‌های آن، زنجیره‌هایی تشکیل می‌دهند. احتمالاً به این سبب که برحسب اتفاق، برخی ستاره‌های دورتر در خط دید ما، از ستاره‌های نزدیک، نزدیک‌تر دیده می‌شوند.

شباهنگ پرنورترین ستاره‌ی آسمان شب است که در فاصله‌ی ۸/۶ سال نوری از نزدیک‌ترین ستاره‌ها نیز هست.

ذوزنقه، ستاره‌ای چندتایی در قلب سحابی جبّار، یعنی درست جنوب کمربند جبّار است. سحابی با چشم غیر مسلح، توده‌ی محوی است. اما تلسکوپ ۴ ستاره را به شکل ذوزنقه نشان می‌دهد که به تازگی متولّد شده‌اند و اکنون سحابی را روشن می‌کنند.

یدالجوزا، نارنجی‌رنگ است؛ در حالی که سایر ستاره‌های جبّار، بیش‌تر سفید ـ آبی‌اند. یدالجوزا غول سرخی است که درخشندگی آن به آرامی و به‌طور نامنظم تغییر می‌کند.

سحابی خرچنگ در ثور نامش را از شکل خود گرفته است. این سحابی توده‌ی در حال انبساط بازمانده‌ی اَبَرنواختر درخشانی است که در سال ۱۰۵۴ میلادی دیده شد.

بالای سر

آذر | دی | بهمن

ساعت، سه‌پایه، اسکنه، کوره، کبوتر، کشتیدم، قطب‌نما، بادبان، گاما بادبان، NGC۲۵۴۷، NGC۲۴۵۱، عذاری، کلب‌اکبر، خرگوش، نهر، M۴۱، شباهنگ، M۴۷، رجل‌الجبار، نهر ۴۰، اپسیلون نهر، بتا تک‌شاخ، سحابی جبار، تک‌شاخ، M۷۷، قیطس، کمربند جبار، ناجذ، ابط‌الجوزا، سحابی روزت، شعرای شامی، سر مار، شجاع، کلب اصغر، تتا ثور، قلائص، دبران، جوزا (دوپیکر)، M۶۷، دایره‌البروج، سحابی خرچنگ، M۳۵، کندوی عسل، پروین، ثور، قرن‌الثور، حمل، پلوکس، سرطان (خرچنگ)، کاستور، M۳۷، M۳۶، M۳۸، ارابه‌ران، برساوش، سیاه‌گوش، رأس‌الغول، عیوق، خوشه آلفا برساوش، دب‌اکبر

آذر | دی | بهمن

افق شمال

غرب — شرق

بیش‌تر بدانیم

غول‌های سرخ ۲۰۰
سحابی‌های سیاره‌نما ۲۰۲
اَبَرنواخترها ۲۰۴
آمادگی برای رصد ۲۶۸
نقشه‌برداری از آسمان شب ۲۷۰
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲
اخترشناسی با دوربین دوچشمی ۲۸۸

آسمان نیم‌کره‌ی جنوبی از اسفند تا مرداد

در این زمان از سال، آسمان پُر از کهکشان است. خوشه‌ی کهکشانی سنبله، با زاویه‌ی قائمه نسبت به صفحه‌ی راه شیری قرار گرفته است. به همین سبب، هیچ غباری از کهکشان ما، منظره‌ی سنبله را پنهان نمی‌کند. در شامگاه‌های اردیبهشت و خرداد، ابرهای ستاره‌ای راه شیری کم‌کم در شرق پدیدار می‌شوند تا در اوج زمستان نیم‌کره‌ی جنوبی (مرداد)، دوباره سرسو (سرسو نقطه‌ای است در آسمان درست بالای سر ناظر) قرار بگیرند. سحابی‌ها و خوشه‌های ستاره‌ای فراوانی در راه شیری قرار گرفته‌اند که بسیاری از آن‌ها با دوربین‌های دوچشمی قابل مشاهده‌اند.

جلوه‌های آسمان اسفند تا اردیبهشت

سه ستاره‌ی پرنور در این بخش آسمان قرار دارند: سماک رامح در عوا، سماک اعزل در سنبله و قلب‌الاسد در اسد. حدود ۲هزار کهکشان در سنبله قرار دارند؛ اما تعداد کمی از آن‌ها با تلسکوپ‌های کوچک دیده می‌شوند که البته یافتنشان کار دشواری است؛ زیرا ستاره‌های بسیار کمی در آن اطراف قرار دارند که ستاره‌ی راهنما شوند. ستاره‌های این بخش آسمان آن‌قدر پراکنده‌اند که نام ستاره‌ی آلفا ـ شجاع، فَرد به مفهوم تک‌ستاره است.

اگر در این نیم‌کره‌ی شمالی از این دو نقشه استفاده می‌کنید، بالای سر در پایین و افق جنوب در بالا قرار می‌گیرد.

بالای سر
اسفند
فروردین
اردیبهشت
بادبان
امگا قنطورس
قنطورس A
سحابی هشت انفجار
تلمبه
قنطورس
قطب‌نما
M۸۳
شجاع
سحابی روح مشتری
کفه‌ی جنوبی
شجاع
جام
کلاغ
میزان
سماک اعزل
کهکشان کلاه مکزیکی
فرد
سدس
سنبله
دایرة البروج
زاویه‌العوا
M۶۱
خوشه‌ی سنبله
M۴۹
قلب‌الاسد
M۶۵
M۶۶
ذنب‌الاسد
M۸۴
M۸۷
M۶۰
M۸۶
M۹۰
M۱۰۰
M۸۸
اسد
سماک رامح
سر مار آبی
داس
جبهه
NGC۲۹۰۳
کهکشان سیاه‌چشم
عوا
کندوی عسل
گیسوان برنیکه
M۳
ازار
سرطان (خرچنگ)
اسد اصغر
سیاه‌گوش
تازی‌ها
M۹۴
M۶۳
دب‌اکبر
کهکشان گرداب
قائد
فروردین
اسفند
اردیبهشت
افق شمالی
غرب
شرق

وسط کلاه ستاره‌هایی هستند که در مرکز کهکشان قرار دارند و بعد از آن تا لبه‌ها بازوهای مارپیچی است.



کهکشان کلاه مکزیکی

این کهکشان مارپیچی در سنبله با هاله‌ای بزرگ شبیه به کلاهی مکزیکی با لبه‌های کشیده است. خط تیره‌ای که دیده می‌شود، قرص غبار کهکشان است؛ مانند شکاف دجاجه در راه شیری.

M۸۳ در صورت فلکی شجاع کهکشانی مارپیچی میله‌ای است که در تلسکوپ‌های کوچک توده‌ی گرد محوی دیده می‌شود اما با تلسکوپ‌های مناسب، بازوهای مارپیچی نیز دیده می‌شوند.

M۸۷، کهکشانی بیضوی در مرکز خوشه‌ی سنبله است. این کهکشان، یکی از بزرگ‌ترین کهکشان‌های شناخته شده است؛ اما به سبب فاصله‌ی ۵۰میلیون سال نوری آن، در تلسکوپ‌های کوچک چندان بارز نیست. این کهکشان توده‌ی گرد محوی است که در مرکز، درخشان‌تر است.

راهنما در صفحه‌ی ۲۷۲

جلوه‌های آسمان خرداد تا مرداد

از دید ما مرکز راه شیری در امتداد قوس قرار دارد. اما ابرهای غبار آن را از ما پنهان می‌کنند. برخی ستاره‌های اصلی قوس، شکل قوری کنار هم قرار گرفته‌اند و نوار روشن راه شیری، مانند بخاری است که از لوله‌ی قوری خارج می‌شود. غرب صورت فلکی قوس، عقرب با ستاره‌ی پرنور و سرخ قلب‌العقرب، که جای قلب عقرب است و رشته‌ای منحنی از ستاره‌ها که دم عقرب را می‌سازند، قرار دارد. راه شیری این ماه‌ها در آسمان جنوبی بسیار باشکوه‌تر از منظره‌ی آن در نیم‌کره‌ی شمالی است؛ زیرا مرکز کهکشان تا بالای سر می‌رسد و نوار راه شیری بسیار پرنورتر جلوه می‌کند.

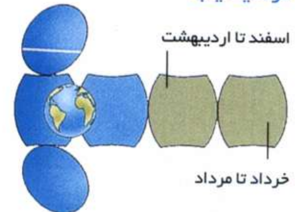


سحابی مرداب، در بخش شرقی قوس، ۵۲۰۰ سال نوری از ما فاصله دارد.

سحابی مرداب

یکی از پرنورترین سحابی‌های راه شیری است که با چشم غیر مسلح نیز دیده می‌شود. نام آن به سبب رشته‌ی تیره‌ی خمیده‌ای است که در نماهای تلسکوپی درون سحابی دیده می‌شود؛ مانند مردابی درون جزیره‌ای بیابانی.

موقعیت‌یاب



خوشه‌ی باز M۷ با چشم غیر مسلح مانند بخش روشنی از راه شیری به پهنای دو برابر اندازه‌ی کامل ماه به‌نظر می‌رسد. با دوربین‌های دوچشمی و تلسکوپ‌های کوچک، ستاره‌های بسیاری در این خوشه و خوشه‌ی باز کنار آن، M۶ (خوشه‌ی پروانه) دیده می‌شود.

قوس منطقه‌ای سرشار از جاذبه‌های آسمان است. نه تنها مرکز راه شیری در این بخش قرار دارد، بلکه در این‌جا بیش از هر صورت فلکی دیگری سحابی‌های درخشان و خوشه‌های ستاره‌ای دیده می‌شود.

شکاف دجاجه نوار تاریکی است که در راه شیری دیده می‌شود. آن را ابرهای غباری در قرص کهکشان پدید می‌آورند که مقابل ستاره‌ها قرار گرفته‌اند.

سحابی حلقه بین دو ستاره‌ی هم‌نور بتا ـ شلیاق و گاما ـ شلیاق قرار گرفته است و شبیه شیرینی حلقه‌ای یا دونات دیده می‌شود. این سحابی سیاره‌نما نسبتاً روشن است؛ اما به سبب اندازه‌ی کوچکی که دارد، بدون تلسکوپ و بزرگ‌نمایی مناسب به سختی دیده می‌شود.

بالای سر
خرداد
تیر
مرداد
خطکش
آتشدان
تلسکوپ
سرخپوست
قنطورس
NGC۶۲۳۱
اکلیل جنوبی
میکروسکوپ
گرگ
شوله
M۷
M۶
عقرب
M۴
M۶۲
قلب‌العقرب
قوری
قوس
سحابی مرداب
سیگما قوس
دایره‌البروج
جدی
میزان
نوعقرب
کفه جنوبی
M۲۲
سحابی سه تکه
M۲۵
سحابی امگا
سحابی عقاب
سپر
بتا جدی
مارافسای
خوشه‌ی مرغابی وحشی
M۱۰
M۱۲
دلو
عقاب
سر مار
اتاعقاب
M۵
دم مار
نسر طایر
پاره اسب
جاثی
سهم
دلفین
روباهک
سحابی دمبل
بتا دجاجه
اکلیل شمالی R
سنگ تاج
سحابی حلقه
بتا شلیاق
M۱۳
نسر واقع
شلیاق
شکاف دجاجه
دجاجه ۶۱
دجاجه
M۹۲
سحابی آمریکای شمالی
عوا
اژدها
ردف
افق شمالی
غرب
شرق

بیش‌تر بدانیم

خوشه‌ها و دوتایی‌ها ۱۹۴
راه شیری ۲۱۴
کهکشان‌ها ۲۳۰
آمادگی برای رصد ۲۶۸
نقشه‌برداری از آسمان شب ۲۷۰
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲
اخترشناسی با دوربین دوچشمی ۲۸۸

اخترشناسی غیرمسلّح

یکی از لذت‌های اخترشناسی، به سادگی نگاه کردن به آسمان با چشمان غیر مسلح است. همه‌ی آن‌چه لازم است، اشتیاق، صبر و فقط تشخیص جرم‌های گوناگون آسمان، هم جرم‌های طبیعی و هم ساخته‌های انسان است. علاوه بر ماه، ستاره‌ها و سیاره‌ها، جرم‌های دیگری وجود دارند که گاه، مدت کوتاهی دیده می‌شوند. باید تمرین کنید آن‌ها را با دقت ببینید و آن‌چه را می‌بینید، ثبت کنید. رصدگران باتجربه، در مقایسه با رصدگران تازه‌کار، جرم‌ها و پدیده‌های بیش‌تری می‌بینند.

آسمان شلوغ

اگر بدانید در جست‌وجوی چه هستید، بسیاری از جرم‌های آسمان، از جمله ستاره‌ها و سیاره‌ها، از ظاهر و حرکتی که دارند، به سادگی شناسایی می‌شوند. هر جرم ناآشنایی که یافتید، زیر نظر بگیرید تا از روی حرکت و تغییر مسیر و سرعت آن تشخیص دهید که چه چیزی است. یکی از جرم‌های بسیار رایج، هواپیماست که به سادگی می‌توان آن را از سایر جرم‌ها شناخت. هواپیما چشمک می‌زند و تغییر مسیر می‌دهد. برای اطمینان بیش‌تر، به صدای آن گوش بسپارید. ممکن است در وضعیت مناسبی برای شنیدن صدای آن باشید.

نورهای هنگام فرود هواپیما شدیدند و ممکن است از ابرهای نازک در آسمان بازتاب شوند. اگر هواپیما در حال نزدیک شدن باشد، ممکن است این نورها تا دقایقی طولانی بدون حرکت در آسمان بمانند.

دنباله‌دارهای پرنور نادرند. زمانی که پیدا می‌شوند، روزها یا هفته‌ها دیده می‌شوند و هر شب فقط اندکی در زمینه‌ی ستاره‌ها جابه‌جا می‌شود.

ماهواره‌های بزرگ، مانند ایستگاه فضایی یا شاتل‌های فضایی، روشن‌تر از بیش‌تر ستاره‌ها هستند و چند دقیقه در آسمان در مسیر مستقیم حرکت می‌کنند.

ماهواره‌های کم‌نور، بنا بر ارتفاعشان، در عرض ۱۰ دقیقه یا بیش‌تر آسمان را طی می‌کنند.

ماهواره‌های ایریدیوم (پوشش‌دهنده‌ی تلفن‌های همراه ماهواره‌ای) آنتن‌های بسیار بازتابنده‌ای دارند که گاهی با بازتاب نور خورشید به شدت پرنور می‌شوند و پس از چند ثانیه درخشِ ایریدیوم ناپدید می‌شود.

زهره معمولاً در شفق و فلق، در ارتفاع کمی دیده می‌شود؛ بجز نزدیک به کشیدگی سیاره که ممکن است تا بیش از ۴۰ درجه از افق فاصله بگیرد. عطارد اغلب پایین‌تر از زهره در لب افق یا پنهان در فروغ خورشید است.

شهابی نزدیک شباهنگ که در آسمان روستای ابیانه در نزدیکی نطنز در شب بارش شهاب جوزایی عکس‌برداری شده است.



رصد شهاب

رصد آماتوری شهاب‌ها بخش مهمی از نجوم رصدی است. رصدگران بارش‌های شهاب از مناطق متفاوت زمین، آسمان را در مدت زمانی مشخص، حداقل یک ساعت، زیر نظر می‌گیرند و زمان و مکان شهاب‌های پدیدار شده را ثبت می‌کنند و برخی را به مراکز بین‌المللی در این زمینه گزارش می‌دهند. دست‌اندرکاران مؤسسات بین‌المللی، این نتایج را با یک‌دیگر در میان می‌گذارند تا تصویر دقیقی از چگونگی پراکندگی ذرات سازنده‌ی شهاب‌ها در فضا به‌دست آورند.

راه شیری

یکی از جذاب‌ترین مناظر با چشم غیر مسلح، پهنه‌ی راه شیری در شبی صاف و تاریک به‌دور از نور شهر است. در نیم‌کره‌ی شمالی، بخشی که در قوس و عقرب دیده می‌شود، بسیار زیباست. در نیم‌کره‌ی جنوبی، منطقه‌ی قنطورس، شاه‌تخته و بادبان ستاره‌های پرنور فراوانی دارند.

راه شیری در شهریور





راه شیری در فروردین



رصد ماه

ماه را در شب‌های متفاوت و طی اهله‌ی آن دنبال کنید. از هلال ماه شروع کنید. با پیش رفتن روزها، قرص ماه کامل‌تر و جزییات بیش‌تری نمایان می‌شود. آن‌چه را می‌بینید، طراحی کنید و سپس با نقشه‌های ماه تطبیق دهید. شما بیش‌تر دریاهای ماه را با چشم غیر مسلح می‌بینید.



هلال ماه فزاینده

ماه تقریباً کامل

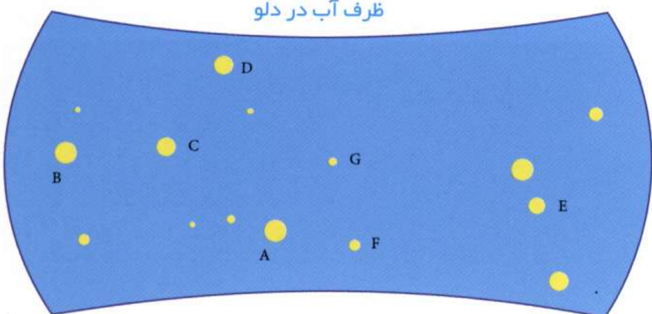
چه‌قدر کم‌نور را می‌بینید؟

قدر کم‌نورترین ستاره‌ای که در شبی رصدی، می‌بینید، حدّ قدر آسمان نام دارد. حدّ قدر با توجه به وضعیت‌های گوناگون تغییر می‌کند؛ مانند آلوده بودن یا صاف بودن هوا، وجود ماه کامل یا ماه نو و مقدار آلودگی نوری محل. در شهری بزرگ حدّ قدر حدود ۳/۵ تا ۴/۵ است. در شهر کوچک یا حاشیه‌ی شهر بزرگ، حدّ قدر به ۵ و در روستاها و بیابان‌ها به ۶ می‌رسد. برای تخمین زدن آلودگی نوری از یکی از نقشه‌های زیر استفاده کنید. زیر آسمان شب بروید و کم‌نورترین ستاره‌ی منطقه را بیابید. در این نقشه‌ها، مناطق نزدیک به استوای آسمان انتخاب شده‌اند که از هر دو نیم‌کره‌ی زمین دیده می‌شوند.

راهنمای قدر

A = ۳/۸	E = ۵/۳
B = ۴/۰	F = ۵/۹
C = ۴/۲	G = ۶/۲
D = ۴/۷	

ظرف آب در دلو

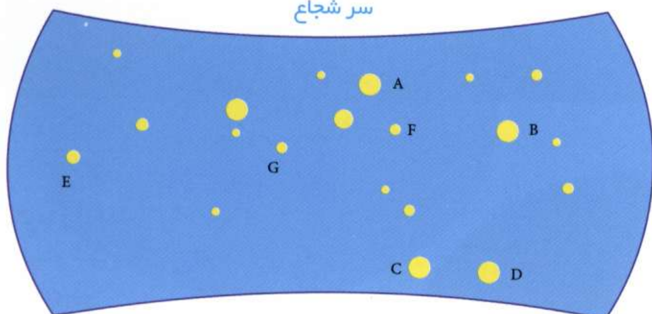


راهنمای قدر

A = ۳/۴	E = ۵/۴
B = ۴/۲	F = ۶/۰
C = ۴/۳	G = ۶/۲
D = ۴/۴	

تابستان و پاییز (در نیم‌کره‌ی شمالی)، آسمان میزبان رشته‌ای از ستاره‌ها در دلو است که به ظرف آب معروف است. مکان این سطل آب را بین مربع بزرگ فرس اعظم و فم‌الحوت بیابید (نقشه‌ی صفحه ۲۷۴ را ببینید).

سر شجاع



زمستان و بهار (در نیم‌کره‌ی شمالی)، آسمان میزبان دسته‌ای از ستاره‌های صورت فلکی بزرگ شجاع است که سر شجاع گفته می‌شود. سر این مار را در کنار ستاره‌ی پرنور قلب اسد بیابید (نقشه‌های صفحه ۲۷۶ و ۲۷۷). برای سنجش حدّ قدر آسمان کم‌نورترین ستاره‌ای را که در این‌جا می‌بینید، بیابید. هنگام رصد جرم‌های کم‌نور، سعی کنید از گوشه‌ی چشم به ستاره‌ها بنگرید؛ زیرا سلول‌های خارجی از مرکز شبکیه چشم، در مقایسه با سلول‌های وسط، به نور حساسیت بیش‌تری دارند.

راه شیری در خرداد





راه شیری در آبان

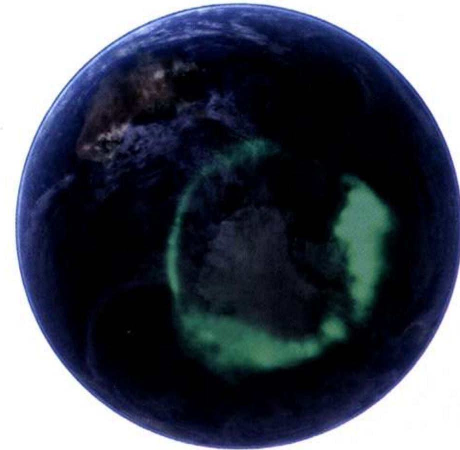
نیم‌کره‌ی جنوبی: شامگاه‌های خرداد و تیر بهترین زمان برای رصد مناطق پرنور راه شیری در قوس و عقرب است که بالای سر قرار دارند. در اواخر پاییز دیدن نوار کهکشان دشوار می‌شود.

بیش‌تر بدانیم

سمت نزدیک ماه ۱۱۸
دنباله‌دارها ۱۶۲
شهاب‌ها ۱۶۴
راه شیری ۲۱۴
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲

شفق‌های قطبی و هاله‌ها

برخی از زیباترین و رنگارنگ‌ترین مناظر آسمان، نورها و درخشش‌های نادر و اغلب جوّی هستند. با آن‌که عامل بسیاری از آن‌ها اثر خورشید بر جوّ زمین است، برخی دیگر نیز، مانند نور منطقة‌البروجی، در مکان‌های دورتری از فضا شکل می‌گیرند. زیبایی هریک از این مناظر، به تنهایی ستودنی است؛ اما علاوه بر آن، چنین پدیده‌هایی به دانشمندان کمک می‌کند درباره‌ی جوّ زمین بیش‌تر بدانند و این پدیده‌ها را از پدیده‌هایی که در فضا به‌وجود می‌آیند، تشخیص دهند.



تصویر ماهواره‌ای بازسازی‌شده از حلقه‌ی شفق قطبی بر فراز جنوبگان

شفق‌های قطبی در چه ارتفاعی به‌وجود می‌آیند؟

وقتی ذرات باد خورشیدی با میدان مغناطیسی زمین مواجه می‌شوند، جریانی از الکترون‌های شتاب‌گرفته ایجاد می‌کنند که در امتداد خطوط میدان مغناطیسی به قطب‌های مغناطیسی زمین (نزدیک به قطب‌های جغرافیایی) سقوط می‌کنند. در این مسیر، الکترون‌ها با جوّ زمین (بیش‌تر در نواحی قطبی) برخورد می‌کنند و سبب برانگیخته و درخشان شدن اتم‌های موجود در جوّ، به‌خصوص اکسیژن و نیتروژن، می‌شوند. این برخورد از بالاترین لایه‌های رقیق جوّی (ارتفاع چند صد کیلومتری) شروع می‌شود و تا ۸۰ کیلومتری زمین ادامه می‌یابد و اوج می‌گیرد. علاوه بر ساکنان روی زمین، فضانوردان نیز می‌توانند از سوی دیگر، این نورهای رنگارنگ را بر سیاره‌ی زمین ببینند.



شفق قطبی



پرتو

شفق‌های قطبی

نورهای رنگارنگ، متحرک و گذرایی که شفق قطبی نام دارند، اغلب در مناطق قطبی زمین دیده می‌شوند. وقتی ذرات پرانرژی و باردار باد خورشیدی با قطب‌های مغناطیسی زمین برخورد می‌کنند، شفق‌ها را به‌وجود می‌آورند. این ذرات با برخورد به لایه‌ی بالایی جوّ زمین، موجب درخشیدن اتم‌های گاز می‌شوند. شفق‌های قطبی مانند پرده‌های عظیمی هستند که از آسمان آویخته شده‌اند و به آرامی تغییر شکل می‌دهند. گاهی اوقات، به‌خصوص زمانی که فعالیت لکه‌های خورشیدی زیاد می‌شود، در مناطق بیش‌تری از کره‌ی زمین می‌توان شفق‌ها را دید اما دوری ایران از قطب شمال مغناطیسی، سبب می‌شود که شفق‌های قطبی در آسمان ایران پدیده‌ای بسیار نادر یا دست کم در این دوران محال باشند.



تاج

پرتوها و تاج‌ها

شفق‌های قطبی معمولاً از یک یا چند پرتو نور تشکیل شده‌اند که مانند نورافکن‌هایی به‌نظر می‌رسند که از افق شمال به سمت آسمان می‌تابند (و در نیم‌کره‌ی جنوبی از افق جنوب). گاهی شفق بزرگی بالای سر، در سرسو، دیده می‌شود که پرتوهای رنگی آن به سمت زمین، به همه‌ی سوی افق کشیده شده است. به این حالت تاج گفته می‌شود.

هاله‌ی خورشید، آن‌طور که در این عکس از آسمان تهران مشخص است، به شکل دایره‌ی بزرگی دیده می‌شود که خورشید را در برگرفته است. این هاله، گاهی قوس‌های دیگری از نور دارد که کامل نیستند.



مناظر آسمان روز

ممکن است پدیده‌ی رنگین‌کمان در روز، مثلاً در هاله‌ی اطراف خورشید و حتی زمانی که بارانی نباریده است، دیده شود. هاله‌های خورشید زمانی به‌وجود می‌آیند که لایه‌ی رقیقی از ابری مرتفع در آسمان باشد. این پدیده در فصل‌های سرد بیش‌تر رخ می‌دهد اما ابرهای مرتفع، حتی در روزهای گرم نیز شکل می‌گیرند. آن‌ها معمولاً از بلورهای یخ تشکیل شده‌اند؛ زیرا دمای هوا در ارتفاعات بالا زیر دمای انجماد آب است. هنگام عبور نور خورشید از درون بلورها، نور سفید به رنگ‌های گوناگون تجزیه می‌شود؛ مانند زمانی که نور بر قطره‌های باران یا قطره‌های آب کنار فواره یا یک آبشار می‌تابد.

آن‌طور که در این عکس از آسمان تهران پیداست، هاله‌ی ماه به شکل حلقه‌ای اطراف آن دیده می‌شود.



مناظر آسمان شب

هاله‌ی ماه، مانند هاله‌ی خورشید، بر اثر شکست نور بلورهای یخ جوّ به‌وجود می‌آید. زیباترین نوع این هاله، حلقه‌ی بزرگی به شعاع ۲۲/۵ درجه دور ماه است که گاهی در آسمان شب‌های مهتابی پدیدار می‌شود. سایر نورهای آسمانی، مانند نور منطقةالبروجی، در ورای زمین به‌وجود می‌آیند. این نور مخروط کم‌نوری است که در امتداد دایرةالبروج (مسیر حرکت خورشید) به‌وجود می‌آید و فقط زیر آسمانی تاریک دیده می‌شود. این نور حاصل از بازتاب نور خورشید از ذرات غباری است که در صفحه‌ی منظومه‌ی شمسی وجود دارند. این نور پس از تاریکی آسمان در شب‌های اسفند و فروردین یا پیش از سپیده‌دم در شب‌های شهریور و مهر، به سبب زاویه‌ی عمودی دایرةالبروج نسبت به افق، بهتر از هر زمانی دیده می‌شود.

مناظر هنگام طلوع و غروب

با رسیدن نور آفتاب به جوّ زمین، نور آبی در جوّ پخش می‌شود؛ در حالی که نورهای زرد و قرمز از آن بهتر عبور می‌کنند. این پدیده هنگام غروب یا طلوع خورشید، که خورشید ارتفاع کمی دارد و نور آن باید از لایه‌های بیش‌تری از جوّ عبور کند، شدیدتر است. پدیده‌ی ستون آفتاب یا خورشیدهای کاذب نتیجه‌ی تابش خورشید بر لایه‌هایی از بلور یخ در ابرهاست.



رنگ‌های غروب یا طلوع، معمولاً زرد، نارنجی و قرمزند؛ زیرا سایر طول موج‌ها در طی مسیر خود، هنگام عبور از لایه‌های ضخیم جو، جذب می‌شوند.



شعاع‌های شفقی، هنگام شفق و فلق رخ می‌دهند. تابش خورشید از درون شکاف‌هایی در ابرهایی زیر افق، این نورها را به‌وجود می‌آورد.

نور منطقةالبروجی گاهی در آسمان‌های بسیار صاف و تاریک زمان اندکی پس از پایان شفق شامگاهی در بهار و پیش از آغاز فلق صبحگاهی در پاییز، دیده می‌شود. چون دید آن گاهی سبب اشتباه در تشخیص سپیده‌دم و اذان صبح می‌شد، در ادبیات ایران به آن صبح کاذب می‌گویند. برخی نیز به سبب شکل مخروطی، آن را دم گرگ نامیده‌اند.





خورشید کاذب، زمانی به‌وجود می‌آید که ابری رقیق و مرتفع، به صورت مناطق روشن و رنگارنگی در دو طرف خورشید وجود داشته باشد.



ستون آفتاب، هنگامی که خورشید در نزدیکی افق است، دیده می‌شود. نور خورشید از لایه‌های بلور یخ در ابرها بازتاب می‌شود و ستون‌هایی بر فراز آن ایجاد می‌کند.

ابرهای شب‌تاب

ابرهای شب‌تاب اغلب در طول جغرافیایی بیش از ۴۵ درجه و تابستان‌ها، زمانی که خورشید تازه زیر افق پنهان شده است، دیده می‌شود. این ابرها گاهی بر اثر موشک‌های پرتاب شده یا پرواز شاتل‌های فضایی شکل می‌گیرند و گاهی از بلورهای یخی که بر غبار بازمانده از شهاب‌واره‌ها بسته شده‌اند، تشکیل می‌شوند. با وجود این، دلیل شکل‌گیری انواعی از آن‌ها هنوز به‌درستی مشخص نشده است. این ابرها آن‌قدر مرتفع‌اند (۸۰ کیلومتر) که در شب نیز دیده می‌شوند؛ زیرا خورشید هنوز در ارتفاع آن‌ها غروب نکرده است.



بیش‌تر بدانیم

جوّ زمین ۱۰۶
ماه ۱۱۰
سطح خورشید ۱۷۶
جوّ خورشید ۱۷۸
اخترشناسی در روز ۲۶۶

عکاسی از آسمان شب

اندکی پس از زمان اختراع دوربین عکاسی، تصویربرداری از آسمان نیز آغاز شد. اکنون فن‌آوری جدید، گرفتن عکس‌های رنگی خوب از آسمان را بسیار ساده‌تر از پیش کرده است. بیش‌تر عکس‌های امروز، جزییات بیش‌تری از آنچه چشم می‌بیند، نشان می‌دهند. زیرا شاتر (پرده) دوربین مدتی طولانی باز می‌ماند و نور بیش‌تری جمع‌آوری می‌کند که موجب ثبت و نمایش اطلاعات بیش‌تری می‌شود. خوش‌بختانه ابزارهای عکاسی آسمان، حتماً نباید گران‌قیمت باشد. حتی با دوربین مکانیکی ساده و یک سه‌پایه، بدون نیاز به تلسکوپ، می‌توان تصاویر خوبی تهیه کرد. مهارت مورد نیاز این است که بدانید برای هر نوع عکسی چه حساسیتی از فیلم‌های عکاسی یا تراشه‌ی دوربین دیجیتال را باید انتخاب کنید و زمان نوردهی چه‌قدر باشد.



سه‌پایه‌ی عکاسی، دوربین را هنگام گرفتن عکس با نوردهی طولانی، ثابت نگه‌می‌دارد. به‌علاوه، دوربین را دقیق‌تر به سمت هدفی که دارد، نشانه می‌گیرد.



سیم دکلانشور، شاتر دوربین را از دور می‌چکاند. این سیم ابزار قفل‌شونده‌ای دارد که می‌توان با آن، بدون تماس مستقیم با دوربین، شاتر را مدتی طولانی باز نگه‌داشت. این ابزار ساده، در عکاسی نجومی بسیار ضروری است.

انتخاب دوربین

دوربین‌های تک‌عدسی بازتابی، معروف به SLR، بهترین گزینه برای عکاسی آسمان شب هستند. اغلب دوربین‌های مکانیکی قدیمی از این نوع‌اند و دوربین‌های جدید SLR نیز فراوان است. داشتن زمان نوردهی B الزامی است؛ زیرا با این تنظیم می‌توانید پرده‌ی دوربین را تا زمان دلخواه باز نگه‌دارید و نوردهی بلندمدت لازم برای ثبت ستاره‌ها را انجام دهید. بهتر است پرده یا شاتر دوربین، مکانیکی و دستی باشد. شاتر الکتریکی، هنگام نوردهی‌های بسیار طولانی باتری دوربین را تمام می‌کند. از دوربین‌های کوچک دیجیتالی، که بلندترین زمان نوردهی آن‌ها کسری از ثانیه است، استفاده نکنید؛ این زمان برای ثبت بسیاری از جرم‌های آسمانی کافی نیست. در دوربین‌های دیجیتال، انواعی شبیه SLR وجود دارد. این دوربین‌های DSLR که بسیار گران‌تر از دوربین‌های مکانیکی ساده‌اند، عکاسی نجومی را متحول کرده‌اند؛ زیرا با سرعت B، حساسیت قابل تنظیم و امکان نمایش بلافاصله‌ی تصویر، کار را بسیار آسان‌تر می‌کنند.

دوربین SLR



حلقه‌ی سرعت شاتر زمان‌های نوردهی را از ۱/۱۰۰۰ ثانیه تا ۱ ثانیه، به اضافه‌ی سرعت B برای نوردهی‌های طولانی‌تر، فراهم می‌آورد. در برخی دوربین‌ها، سرعت‌های متنوع‌تر یا کم‌تنوع‌تری وجود دارد.

با منظریاب، از درون عدسی دوربین به منظره‌ای که می‌خواهید عکاسی کنید، می‌نگرید. در حین عکاسی، آینه‌ی دوربین بالا می‌رود و دیگر نور به منظریاب نمی‌رسد؛ زیرا بر فیلم می‌افتد.

دکمه‌ی شاتر

دسته‌ی برگردان فیلم

لوله‌ی عدسی

دیافراگم تنظیم‌کننده‌ی قطر دهانه‌ی جمع‌کننده‌ی نور در عدسی است.

حلقه‌ی کانونی‌کننده یا فکوس که برای اجسامی نزدیک تا در بی‌نهایت تنظیم می‌شود.

حساسیت فیلم یا تراشه‌ی دیجیتال (ISO)

موضوع	حساسیت (ISO)	زمان نوردهی
دوربین روی سه‌پایه‌ی ثابت		
شفق قطبی و هاله‌های کم‌نور جوّی	۲۰۰ - ۱۶۰۰	۱۰ - ۶۰ ثانیه
دنباله‌دارهای پرنور	۴۰۰ - ۱۶۰۰	۱۰ - ۳۰ ثانیه
صور فلکی	۴۰۰ - ۱۶۰۰	۲۰ - ۳۰ ثانیه
شهاب‌ها	۲۰۰ - ۱۶۰۰	۵ - ۱۰ دقیقه
نمای نزدیک ماه (تربیع تا بدر)	۲۰۰ - ۴۰۰	۱/۶۰ - ۱/۵۰۰ ثانیه
نمای نزدیک ماه (هلال باریک)	۲۰۰ - ۴۰۰	۱/۳۰ - ۱ ثانیه
رد ستاره‌ها	۵۰ - ۲۰۰	۵ - ۶۰ دقیقه
آسمان شفق و فلق	۵۰ - ۲۰۰	۵ - ۲۰ ثانیه
دوربین با موتور ردیاب		
دنباله‌دارها و سحابی‌ها	۲۰۰ - ۱۶۰۰	۳ - ۶۰ دقیقه
صور فلکی	۵۰ - ۱۶۰۰	۳ - ۶۰ دقیقه
راه شیری (بخش درخشان تابستانی)	۴۰۰ - ۱۶۰۰	۳ - ۵ دقیقه

استفاده از دوربین

هنگام عکاسی از آسمان، حلقه‌ی کانونی یا فکوس عدسی را روی بی‌نهایت و دیافراگم عدسی را در بازترین حالت خود (کوچک‌ترین عدد روی لوله‌ی عدسی، معمولاً ۲/۸ یا ۲) تنظیم کنید. حساسیت فیلم به نور، سرعت آن نامیده و با ISO بیان می‌شود. فیلم‌های کند، ISO ۱۰۰ هستند که حساسیت کمتر، اما رنگ و تضاد نوری زیادی دارند. فیلم‌های سریع (ISO ۴۰۰ تا ۱۶۰۰) حساس‌ترند؛ اما تصاویری محوتر با رنگ‌های غیردقیق می‌دهند.

حساسیت فیلم

فیلم‌های کند یا حساسیت کم تراشه‌ی دوربین دیجیتال، برای عکاسی در شفق و فلق و عکاسی از جرم‌های پرنور، مانند ماه و سیاره‌های پرنور، بهترین‌اند. اما ستاره‌ها برای ثبت شدن روی فیلم‌های کند یا تراشه‌ای با حساسیت کم، بسیار کم‌نورند. از سوی دیگر، با افزایش زمان نوردهی، چرخش زمین تصویر آن‌ها را به شکل خطی از ستاره درمی‌آورد. به همین سبب، برای ثبت نقطه‌ای از آسمان پرستاره (بدون استفاده از تلسکوپ یا موتور ردیاب) بهتر است از فیلم‌های سریع یا تراشه‌ای با حساسیت زیاد استفاده کنید.



هلال ماه و سیاره‌ها در شفق و فلق، به زمان نوردهی ۵ تا ۲۰ ثانیه، با دیافراگم باز و فیلم کند نیاز دارند. این شرایط برای نشان دادن سیاره‌ها و ستاره‌های پرنور، به شکل نقاط نورانی، کافی است. عکاسی در نور شفق و فلق، عکس جذاب‌تری به‌وجود می‌آورد؛ زیرا در این زمان برخی جزییات پیش‌زمینه نیز دیده می‌شود.



رد ستاره‌ها نتیجه‌ی نوردهی بلندمدت (از چند دقیقه تا یک ساعت) بر فیلم کند یا متوسط است. برای ثبت چنین عکس دور قطبی، دوربین خود را بر سه‌پایه‌ای سوار کنید و به سمت قطب آسمان نشانه روید. ستاره‌ها با چرخش زمین ردی از نور از خود بر جای می‌گذارند که همه به دور ستاره‌ی قطبی (در حقیقت قطب شمال آسمان) چرخیده‌اند. اگر آلودگی نوری دارید، نوردهی را کوتاه کنید.



ستاره‌ها تا قدر ۶، به شکل نقاطی نورانی، بدون رد، بر فیلمی سریع یا تراشه‌ی حساس با نوردهی حدود ۲۰ ثانیه، ثبت می‌شوند. این روش مناسبی برای عکاسی از صورت‌های فلکی است. مانند این تصویر که طلوع جبار را در آسمان استان فارس نشان می‌دهد.

استفاده از عدسی تله

فاصله‌ی کانونی عدسی استاندارد دوربین، حدود ۵۰ میلی‌متر است. اما عدسی تله، فاصله‌ی کانونی بلندتری، حدود ۱۳۵ تا ۳۰۰ میلی‌متر، دارد که بزرگ‌نمایی بیش‌تری در اختیار شما می‌گذارد. دوربینی با عدسی تله، که روی سه‌پایه نصب شده باشد، برای عکاسی از ماه مناسب است؛ به‌علاوه، رد ستاره‌ها در نوردهی‌های فقط چند ثانیه‌ای، با این عدسی ثبت می‌شود. اگر دوربین بر تلسکوپ موتورداری با استقرار استوایی نصب شود، می‌توان نوردهی‌های بلندمدتی برای ثبت جرم‌های کم‌نور، مانند سحابی‌ها، انجام داد.



شهاب‌ها ناگهان در آسمان پدیدار می‌شوند. بهترین راه برای عکاسی از آن‌ها این است که در شب شهاب‌باران، بیرون بروید و با فیلمی سریع نوردهی بلند انجام دهید. سپس آرزو کنید یکی از شهاب‌های پرنور زمانی که شاتر دوربینتان باز است، پیدا شود!

دنباله‌دارهای بسیار پرنور روی فیلمی سریع، با نوردهی فقط چند ثانیه ثبت می‌شوند. اما برای آشکار کردن دم طولانی آن‌ها، به نوردهی بیش‌تری نیاز است. برای دنباله‌دارهای کم‌نورتر، ستاره‌های کم‌نور و سحابی‌ها از استقرار استوایی استفاده کنید. این تلسکوپ‌ها، ستاره‌ها را در طول حرکتشان در آسمان دنبال می‌کنند. اگر هم مجهز به موتور ردیاب باشند، امکان بسیار مناسبی برای عکاسی از جرم‌های کم‌نور فراهم می‌آید.

پردازش فیلم یا تصویر دیجیتال

چاپ عکس نجومی از فیلم‌های رنگی در آتلیه‌های ماشینی گاهی ناامیدکننده است؛ زیرا دستگاه‌های چاپ ماشینی برای چاپ‌های تیره طراحی نشده‌اند و زمینه را خاکستری می‌کنند. فردی که فیلم را چاپ می‌کند، می‌تواند کمی این مشکل را برطرف کند. پس فیلم خود را به جایی بدهید که درخواست شما را اجرا کند. راه دیگر، استفاده از فیلم اسلاید است که چون با رنگ‌های طبیعی ظاهر می‌شود، چنین مشکلی به‌وجود نمی‌آورد. اما چاپ از روی آن همه‌جا امکان‌پذیر نیست. در عکاسی دیجیتال هنوز کاستی‌هایی مانند بهای زیاد دوربین‌های مناسب، نویز یا نوفه در تصاویر و محدودیت چاپ در اندازه‌ی بزرگ وجود دارد؛ اما مشکلات چاپ و ظهور فیلم از میان می‌رود.



عکس ستاره‌ها با چاپ ماشینی معمولاً رنگ مناسبی ندارد.

بیش‌تر بدانیم

سمت نزدیک ماه ۱۱۸
دنباله‌دارها ۱۶۲
شهاب‌ها ۱۶۴
زمین چرخان ۲۶۲
نقشه‌برداری از آسمان شب ۲۷۰
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲

تصویر ماه با عدسی ۲۰۰ میلی‌متر



ماه از درون عدسی تله

با عدسی تله با فاصله‌ی کانونی ۲۰۰ میلی‌متر یا بیش‌تر، گودال‌های بزرگ‌تر ماه نمایان می‌شوند. ماه محیطی است که با تابش خورشید روشن می‌شود. بنابراین، برای عکاسی از آن باید از همان نوردهی زمان روز استفاده کنید. به نورسنج دوربین یا انتخاب خودکار (سرعت اتوماتیک) اعتماد نکنید؛ زیر پیرامون ماه تاریک است و نورسنج تخمین درستی از نوردهی مناسب ماه به‌دست نمی‌دهد.

اخترشناسی با دوربین دوچشمی

دوربین‌های دوچشمی، نمونه‌ی ضعیف تلسکوپ نیستند. آن‌ها بسیار کاربردی‌اند و به سبب میدان دید باز، مناظری را نشان می‌دهند که تلسکوپ‌ها قادر به نشان دادن آن‌ها نیستند. با دوربین‌های دوچشمی می‌توان رصدهای جدی و دقیقی انجام داد. در کنار این‌ها، دوربین‌ها ابزارهایی آسان، قابل حمل و نقل و اغلب کم‌هزینه‌اند. حتی رصدگرانی که تلسکوپ‌های قوی دارند، گاهی از دوربین استفاده می‌کنند. دوربین‌های دوچشمی، دو تلسکوپ با بزرگ‌نمایی کم هستند که در کنار هم گذاشته شده‌اند. برای کسانی که ترجیح می‌دهند به جای دوچشمی‌ها، برای رصد جرم‌های کوچک و جزییات سیاره‌ها مناسب نیستند، زیر آسمانی تاریک تصاویر بی‌نظیری از راه شیری، سحابی‌ها و کهکشان‌هایی بزرگ مثل کهکشان مسلسله (آندرومدا) و خوشه‌ی پروین به ما می‌دهند.


رصد با دوربین بزرگ ۱۰۰×۲۵ در رقابت رصدی مسیه، ایران



دوربین دوچشمی

انتخاب دوربین دوچشمی

کار با دوربین‌های دوچشمی با بزرگنمایی زیاد، چندان ساده نیست. بزرگ‌نمایی بیش از ۱۰ برابر، رصد را بدون سه‌پایه و روی دست بسیار مشکل می‌کند. زیرا لرزش‌ها در تصویر به‌خوبی نمایان می‌شوند. در رصد با دوربین‌هایی با بزرگ‌نمایی ۱۰ تا ۲۵ برابر، حتماً آن‌ها را روی سه‌پایه‌ی عکاسی نصب کنید و به سراغ دوربین‌هایی با بزرگ‌نمایی بیش‌تر نیز نروید؛ زیرا میدان دید باز و زیبای دوچشمی‌ها را ارائه نمی‌دهند.

دوربین‌های دوچشمی با دو عدد بیان می‌شوند: مثلاً دوربین ۵۰×۱۰ نشان‌دهنده‌ی بزرگ‌نمایی ۱۰ برابر و عدسی شیئی ۵۰ میلی‌متر است. از دوربین‌هایی با بزرگ‌نمایی زوم در شب استفاده نکنید؛ این دوربین‌ها عدسی‌های اضافه‌ای دارند که اغلب در رصد جرم‌های کم‌نور آسمان شب، به سبب افت نوری که ایجاد می‌کنند، مناسب نیستند. نسبت عدد دوم (قطر دهانه) به عدد اول (بزرگ‌نمایی) پهنای باریکه‌ی نور خارج شده از چشمی دوربین به میلی‌متر است. این پهنا باید نزدیک به گشودگی مردمک چشم انسان در شب، یعنی حدود ۴ تا ۷ میلی‌متر باشد. مثلاً دوربین‌های ۴۰×۸، ۵۰×۱۰، ۷۰×۱۰، ۷۰×۱۵، ۸۰×۲۰، ۱۰۰×۲۵ انتخاب‌هایی مناسب و دوربین‌های ۵۰×۲۰ یا ۸۰×۴۰ نامناسب‌اند.

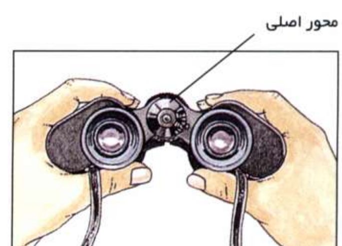
دوربین دوچشمی مناطق ستاره‌ای را نشان می‌دهند که با چشم غیر مسلح دیده نمی‌شوند. این ویژگیِ دوربین، آن‌ها را حتی در شهرهای بزرگ، که آلودگی نوری بیش‌تر ستاره‌ها را از دید پنهان می‌سازد، قابل استفاده می‌کند. اما بهترین مناظر با دوربین دوچشمی را باید زیر آسمان تاریک دید. بزرگ‌نمایی دوربین به شما کمک می‌کند خوشه‌های ستاره‌ای مانند پروین را، با جزییات بیش‌تری ببینید.


خوشه‌ی پروین با چشم غیرمسلح

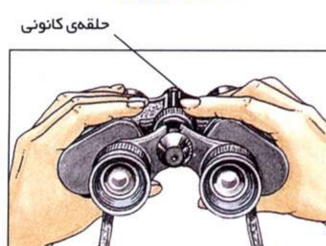

خوشه‌ی پروین با دوربین دوچشمی ضعیف


خوشه‌ی پروین با دوربین دوچشمی قوی

تنظیم دوربین



تنظیم فاصله‌ی چشمی‌ها
جدایی دوچشمی دوربین را با فاصله‌ی چشمان خود تنظیم کنید. عدد نوشته شده بر لوله‌ی محور اصلی را هم برای رصدهای بعدی یادداشت کنید.



تنظیم عدسی چپ
جسمی در دورست انتخاب کنید. چشم راست خود را ببندید و با چشمی چپ، آن را کانونی یا فکوس کنید. این کار را با چرخاندن حلقه‌ی کانونی مرکزی انجام دهید.



تنظیم عدسی راست
این بار همان جسم را با سمت راست ببینید و با کمک حلقه‌ی تنظیم‌کننده‌ی دیوپتر چشم، تصویر را کانونی کنید. با این روش، با توجه به تفاوت‌های احتمالیِ کانون چشم راست و چپ شما جسم کاملاً کانونی می‌شود.

آزمایش دوربین دوچشمی

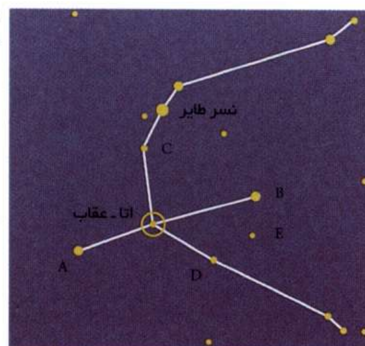
امکان آزمودن دوربین‌های دوچشمی در روز، با نگاه کردن به جسمی دور، مانند ساختمان بلندی در زمینه‌ی آسمان آبی، وجود دارد. نخست به ساختاری میله‌مانند نگاه کنید و مطمئن شوید وقتی دوربین دقیقاً کانونی و فاصله‌ی دو چشم درست است، یک تصویر می‌بینید و دوربین هم‌خط است. سپس برای آزمودن وضوح و خطای رنگ، به لبه‌های میدان دید نگاه کنید. دوربین‌های گران‌تر میدان دید وسیع‌تری با خطاهای کمتر و روشنایی و وضوح تصویر بیش‌تر دارند. یک توصیه‌ی خوب این است که پیش از خرید، نمونه‌ای از مدل انتخابی را آزمایش کنید.



ممکن است تصویر در گوشه‌های میدان دید، آشفته و ناواضح باشد. وقتی طی روز دوربین خود را آزمایش می‌کنید، مطمئن شوید وضوح تصویر از یک گوشه تا گوشه‌ی دیگر، بدون نیاز به کانونی کردن دوباره، تغییر نکند. یعنی دوربین خطای کروی چندانی نداشته باشد.



خطای رنگ به شکل رنگ‌های قرمز، آبی یا سبز و صورتی در لبه‌ی جرم‌های داخل تصویر در مقایسه با پس‌زمینه‌ی آسمان روشن نمایان می‌شود. ممکن است خطای رنگ در روز چندان به‌نظر نرسد؛ اما در شب، به‌خصوص هنگام رصد ماه، بسیار تأثیرگذار است.



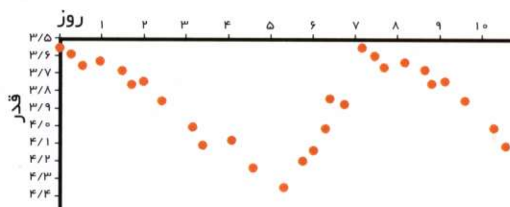
اتا ـ عقاب و ستاره‌های مجاور

رصد ستاره‌های متغیر

نور برخی از ستاره‌ها تغییر می‌کند و یکی از بهترین روش‌های رصد برخی از آن‌ها، دوربین دوچشمی است. زیرا برای مقایسه‌ی نور متغیر با ستاره‌های اطراف، میدان دیدی وسیعی دارد. ستاره‌ی اتا ـ عقاب را با ستاره‌های مجاور آن مقایسه کنید. دقت کنید هر زمان چه‌قدر از ستاره‌های کناری پرنورتر یا کم‌نورتر است و سپس قدر آن را از تصویر کناری، که قدر ستاره‌های اطراف را داده است، تخمین بزنید. به یاد داشته باشید ستاره‌های پرنورتر عدد قدر کوچک‌تری دارند.

راهنمای قدر

A = ۳/۲
B = ۳/۴
C = ۳/۷
D = ۴/۴
E = ۴/۵



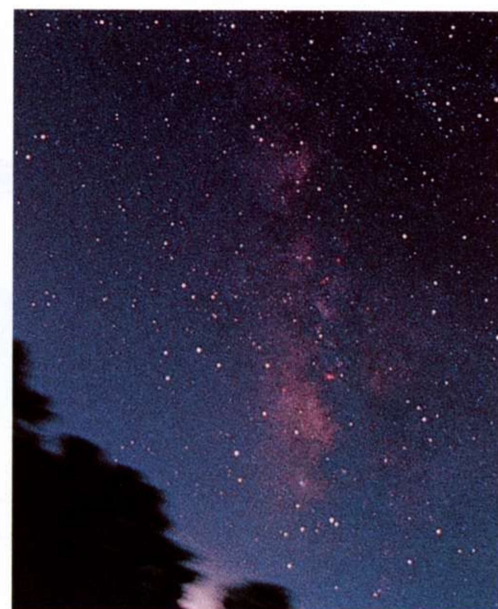
رصدهای پیاپی طی یک هفته نشان می‌دهد روشنایی اتا ـ عقاب بین قدر ۳/۵ و ۴/۴ تغییر کرده است.

به دنبال چه باشیم؟

جرم	نوع	مکان	بهترین زمان (شامگاهی)
خوشه‌ی آلفا برساوش	خوشه‌ی باز	برساوش	آبان تا دی
مسلسله (آندرومدا)	کهکشان	مسلسله	مهر تا آذر
سحابی شاه تخته (جنوبی)	سحابی	شاه‌تخته	فروردین و اردیبهشت
خوشه‌ی دوتایی	خوشه‌های باز	برساوش	آبان تا دی
قلائص	خوشه‌ی باز	ثور	آذر تا بهمن
سحابی مرداب	سحابی	قوس	تیر تا شهریور
ابر بزرگ ماژلان (جنوبی)	کهکشان	ماهی طلایی	دی و بهمن
ماه	قمر	دایرة‌البروج	همه‌ی سال
سحابی اومگا (قو)	سحابی	قوس	تیر تا شهریور
سحابی جبّار	سحابی	جبّار	دی تا اسفند
پروین	خوشه‌باز	ثور	آذر تا بهمن
کندوی عسل	خوشه‌ی	سرطان (خرچنگ)	بهمن تا فروردین
ابر کوچک ماژلان (جنوبی)	کهکشان	توکان	آبان و آذر
مثلث	کهکشان	مثلث	مهر تا آذر

مناظر دوربین دوچشمی

تفاوت تماشای راه شیری با چشم غیر مسلح و با دوربین دوچشمی، شگفت‌آور است. دوربین‌ها، در مقایسه با دید غیر مسلح، ستاره‌ها و جرم‌های بسیار بیش‌تری نشان می‌دهند. با آن‌که برخی جرم‌ها مانند سحابی امگا، با چشم غیر مسلح نیز قابل رصد است، منظره‌ی آن‌ها با دوربین با زمینه‌ای مملو از ستاره، بسیار زیباتر است. استفاده از دوربین را با یافتن جرم‌هایی که با چشم نیز آن‌ها را می‌بینید، تمرین کنید.



راه شیری و سحابی امگا با چشم برهنه



راه شیری و سحابی امگا با دوربین دوچشمی

بیش‌تر بدانیم

ستاره‌های متغیر ۱۸۴
خوشه‌ها و دوتایی‌ها ۱۹۴
راه شیری ۲۱۴
آمادگی برای رصد ۲۶۸
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲

تلسکوپ‌های شکستی

ساده‌ترین نوع تلسکوپ، شکستی نام دارد. تلسکوپ‌های شکستی در ابتدای لوله، عدسی بزرگی به نام شیئی دارند که گردآورنده و شکست‌دهنده‌ی نور است. آن‌ها عدسی کوچک‌تری نیز به نام چشمی دارند که تصویر را بزرگ می‌کند. مهم‌ترین ویژگی هر تلسکوپ، اندازه‌ی عدسی شیئی یا قطر دهانه‌ی آن است. هرچه دهانه بزرگ‌تر باشد، بهتر است (البته قیمت تلسکوپ نیز بیش‌تر و جابه‌جایی آن نیز سخت‌تر خواهد شد). شکستی‌ها تصویر معکوسی می‌دهند و برای درست کردن وارونگی تصویر، به منشور یا آینه‌ای به نام چپقی نیاز دارند. با وجود این، تصویر برگردان (وارونه‌ی جانبی) است که با عدسی‌های اضافه‌ی مستقیم‌کننده مشکل حل می‌شود. اما این عدسی‌ها نور را جذب می‌کنند. به همین سبب، رصدگران تلسکوپی ساده را با تصویر معکوس ترجیح می‌دهند. تلسکوپ‌های شکستی ابزارهای خوبی برای شروع کار رصد کردن به‌شمار می‌روند. اما برخی از آن‌ها با عدسی‌های پلاستیکی، اسباب‌بازی هستند و حتی می‌توانید یکی از آن‌ها را به سادگی بسازید. از سوی دیگر، برخی از تلسکوپ‌های شکستی، به‌خصوص در عکاسی نجومی، ابزارهایی بسیار دقیق و توانا هستند؛ مانند شکستی‌هایی با عدسی شیئی ترکیبی بدون نشانی از خطاهای اپتیک که به تلسکوپ‌های آپوکروماتیک معروف‌اند.

ابزارهای جانبی

شکستی‌ها معمولاً ابزارهایی مانند منظریاب یا جوینده (دوربین تک‌چشمی با بزرگ‌نمایی کم که هدف‌گیری را ساده می‌کند)، چشمی‌های گوناگون با بزرگ‌نمایی‌های متفاوت و چپقی دارند. چپقی ابزاری است که نور را با زاویه‌ی قائمه یا ۴۵ درجه خم می‌کند و سبب می‌شود رصدگر هنگام رصد، نیازی به خم شدن و نشستن نداشته باشد. می‌توان روی چپقی و پیش از نصب چشمی (یا حتی بدون چپقی) عدسی بارلو نیز نصب کرد. این عدسی توان هر چشمی را دو یا چند برابر می‌کند.



انتخاب تلسکوپ شکستی

متداول‌ترین نوع، تلسکوپ شکستی با تصحیح‌کننده‌ی رنگی است که آکروماتیک نام دارد. از عدسی‌های غیر آکروماتیک یا به اصطلاح گالیله‌ای، استفاده نکنید. تلسکوپ‌هایی با این عدسی‌ها، معمولاً قرصی با سوراخی درون خود دارند که پشت عدسی‌ها نصب شده است و دهانه را، برای بالا بردن کیفیت تصویر، کاهش می‌دهد. در این تلسکوپ‌ها، رنگ‌های غیر واقعی کاهش می‌یابند؛ اما تصویر کم‌نورتر می‌شود و کاربردی برای رصد در شب ندارد. هنگام استفاده از هر تلسکوپی فراموش نکنید که بزرگ‌نمایی‌هایی بیش از دو برابر عدد قطر دهانه‌ی تلسکوپ به میلی‌متر، تصاویر کم‌نوری به‌دست می‌دهد. مثلاً حداکثر بزرگ‌نمایی مفید تلسکوپی ۱۰۰ میلی‌متری ۲۰۰ برابر است. در انتخاب بین انواع تلسکوپ‌های آکروماتیک، انواعی با فاصله‌ی کانونی یا لوله‌ی بلند، تصویر دقیق‌تر و خطای رنگی کمتری دارند؛ اما سنگین‌تر و برای حمل و نقل دشوارترند. شکستی‌هایی با فاصله‌ی کانونی کوتاه برای بردن به طبیعت و رصدهایی با میدان دید باز و بزرگ‌نمایی کمتر، مناسب هستند.

شکستی‌ها چگونه کار می‌کنند؟

عدسی شیئی نور رسیده را جمع و در نقطه‌ای نزدیک انتهای لوله کانونی می‌کند. سپس چشمی تصویر را بزرگ می‌کند. فاصله شیئی تا نقطه‌ی کانونی آن، فاصله‌ی کانونی نامیده می‌شود. حاصل تقسیم فاصله‌ی کانونی بر فاصله‌ی کانونی چشمی (عددی که روی آن نوشته شده است)، توان بزرگ‌نمایی را به‌دست می‌دهد و حاصل تقسیم فاصله‌ی کانونی بر قطر دهانه‌ی تلسکوپ، نسبت کانونی است.



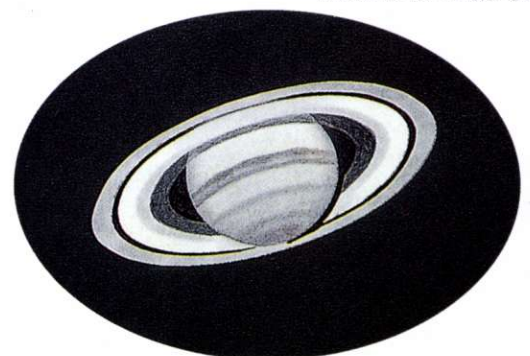
ماه درون‌شکستی ۱۵۰ میلی‌متر



رصد با تلسکوپ شکستی

همه‌ی شکستی‌ها، به‌جز انواع پیش‌رفته‌ی آپوکروماتیک با عدسی چندگانه، خطای رنگی کم یا زیاد دارند؛ اما اغلب آن‌ها تصاویر دقیقی با تضاد نوری چشم‌گیر بین روشنایی و تاریکی نشان می‌دهند. زیرا هیچ مانعی بر سر راه پرتو نور وجود ندارد و مسیر نور با عدسی شیئی و لوله کاملاً پوشیده است. شکستی‌ها برای رصد ماه و سیاره‌ها، که نیاز به دیدن جزییات دارند، مناسب‌اند. تلسکوپی شکستی حتی با دهانه‌ای به کوچکی ۶۰ میلی‌متر، حلقه‌ی زحل را تفکیک می‌کند و دهانه‌های ماه و قرص مریخ را نشان می‌دهد.

زحل درون‌شکستی ۱۵۰ میلی‌متر

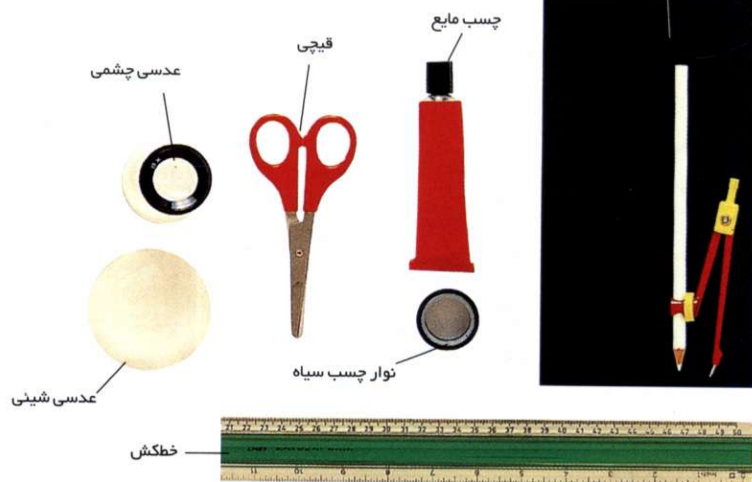


ساخت یک تلسکوپ ساده

اگر اخترشناسان آماتور بخواهند تلسکوپی کارآمد بسازند، معمولاً به سراغ تراش آینه و ساخت تلسکوپ بازتابی می‌روند. اما ساخت تلسکوپ شکستی کوچک هم، اگر عدسی‌های مناسب شیئی و چشمی در دسترس باشد، کار ساده‌ای است؛ اما به اندازه‌ی تلسکوپ بازتابی دست‌ساز کارآمد نیست. امکان دارد برای عدسی شیئی، عینک‌سازان عدسی تکی بفروشند (از آن‌ها بخواهید توان عدسی ۲+ دیوپتر باشد) یا ممکن است فروشگاه‌های دوربین عکاسی، عدسی‌های نزدیک‌کننده برای دوربین‌های SLR داشته باشند. از هر عدسی کوژ (محدب) اگر فاصله‌ی کانونی آن بیش‌تر از چشمی باشد، می‌توان استفاده کرد. برای چشمی، از یک لوپ، شیشه‌ی بزرگ‌کننده‌ای با فاصله‌ی کانونی کوتاه، که در فروشگاه‌های عکاسی نیز فروخته می‌شوند یا از چشمی آماده‌ی تلسکوپ یا میکروسکوپ استفاده کنید.

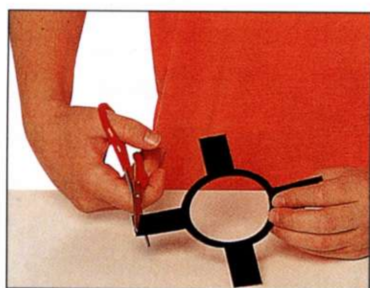
جرم	نوع	مکان	بهترین زمان (شامگاهی)
ماه	—	دایرةالبروج	تمام سال
مشتری	سیاره	دایرةالبروج	به صفحه‌ی ۲۶۹
مریخ	سیاره	دایرةالبروج	به صفحه‌ی ۲۶۹
زحل	سیاره	دایرةالبروج	به صفحه‌ی ۲۶۹
زهره	سیاره	دایرةالبروج	به صفحه‌ی ۲۶۹
گاما ـ دجاجه	ستاره‌ی دوتایی	دجاجه	تیر تا آبان
۴۷ـ توکان (جنوبی)	خوشه‌ی کروی	توکان	آبان و آذر
خوشه‌ی جعبه‌ی جواهر (جنوبی)	خوشه‌ی باز	صلیب جنوبی	اردیبهشت و خرداد
M۱۳	خوشه‌ی کروی	جاثی	خرداد تا مرداد
امگا قنطورس (جنوبی)	خوشه‌ی کروی	قنطورس	اردیبهشت و خرداد
خوشه‌ی مرغابی وحشی	خوشه‌ی باز	سپر	خرداد تا مرداد

(عنوان جدول: چه چیزی رصد کنیم؟)



آن‌چه نیاز دارید

- شیئی: عدسی کوژ (محدب) با فاصله‌ی کانونی حدود ۵۰ سانتی‌متر؛
- چشمی: لوپ یا عدسی با فاصله‌ی کانونی حدود ۳ سانتی‌متر؛
- مقوا یا کاغذ ضخیم مشکی، حدود ۵۰×۵۰ سانتی‌متر؛
- نوار چسب مشکی؛
- قطب‌نما و مداد سفید برای کشیدن حلقه‌ها، پیش از بریدن؛
- قیچی؛
- خط‌کش بلند؛
- چسب مایع.



بریدن حلقه‌ها

دو حلقه از مقوای مشکی ببرید؛ یکی به پهنای ۱ سانتی‌متر و قطری برابر شیئی و دیگری به اندازه‌ای برابر اولی با چهار نوار بیرون آمده به طول ۲/۵ سانتی‌متر.

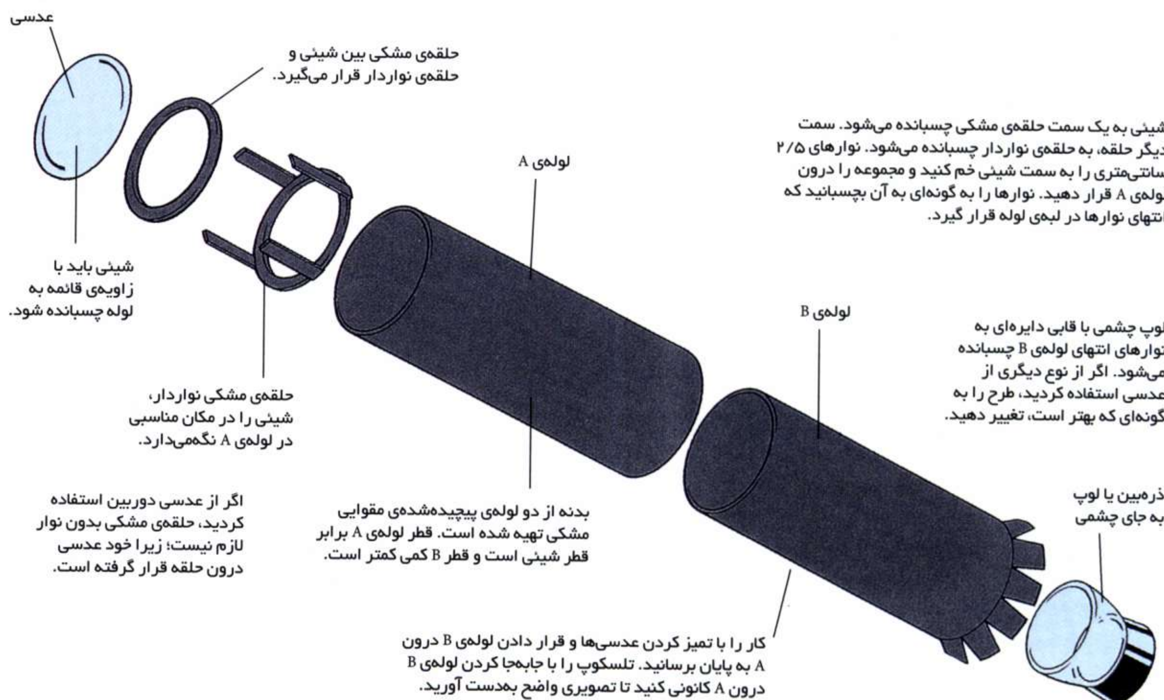


بریدن لبه

دورتادور لوله‌ی B نوارهایی به طول ۲/۵ سانتی‌متر ببرید. آن‌ها را درون لوپ خم کنید و مطمئن شوید با زاویه ۹۰ درجه وسط لوله قرار دارند. وقتی در مکان صحیح قرار گرفت، نوارها را به لوپ بچسبانید.

سوار کردن

دو لوله درست کنید؛ یکی برای شیئی (لوله‌ی A) و دیگری برای چشمی (لوله‌ی B). قطر لوله‌ی B باید اندکی کمتر از A باشد تا بتوان آن‌دو را درون هم جابه‌جا و تلسکوپ را کانونی کرد. هر دو باید ۳۷/۵ سانتی‌متر، یا سه‌چهارم فاصله‌ی کانونی شیئی، طول داشته باشند. فاصله‌ی کانونی شیئی را با کانونی کردن نور چراغی روی کاغذ امتحان کنید (فاصله‌ی عدسی تا کاغذ، فاصله‌ی کانونی است). از خورشید برای این کار استفاده نکنید؛ ممکن است کاغذتان بسوزد.



بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ چگونه کار می‌کند؟ ۱۸
آمادگی برای رصد ۲۶۸
نقشه‌های آسمان قطبی ۲۷۲

تلسکوپ‌های بازتابی

رایج‌ترین نوع تلسکوپ در اخترشناسی، تلسکوپ بازتابی است. در بازتابی‌ها، برای کانونی کردن تصویر، به جای عدسی، از آینه‌ای در ته لوله‌ی تلسکوپ استفاده می‌کنند. یک تلسکوپ بازتابی هم‌قیمت شکستی، معمولاً دهانه‌ی بسیار بزرگ‌تری دارد و خطای رنگی نیز ندارد. البته در مدل‌های ساده‌ی آن‌ها، خطای کروی وجود دارد. یعنی نمی‌توان همه‌ی میدان دید را یک‌جا کانونی کرد و معمولاً وقتی مرکز تصویر کانونی است، گوشه‌ها کمی محو و کشیده است. این تلسکوپ‌ها به مراقبت بیش‌تری نیاز دارند و در مقایسه با شکستی‌ها، تصاویری با تضاد کمتر می‌دهند. با وجود این، تقریباً همه‌ی تلسکوپ‌های بزرگ بازتابی‌اند. ساخت آن‌ها ساده است و بعضی‌ها بخش‌های اپتیک را می‌خرند و تلسکوپ خود را می‌سازند یا حتی آینه را نیز تراش می‌دهند. تلسکوپ‌هایی که از آینه‌ی اصلی و عدسی تشکیل شده‌اند، کاتادیوپتریک یا ترکیبی نام دارند و بسیار پرمخاطب‌اند. این تلسکوپ‌ها معمولاً به موتور الکترونیک و دستگاه هدایت خودکار مجهزند.

بازتابی دابسونی

چشمی

این دستگیره حرکت بالا و پایین تلسکوپ را تنظیم می‌کند.

لوله‌ی تلسکوپ دابسونی از مواد ارزان و کم‌وزنی تهیه می‌شود.

سطح این بخش از فورمیکا (ورق پلاستیکی) است که روی سطحی از تفلون حرکت می‌کند تا اصطکاک کمی داشته باشد.

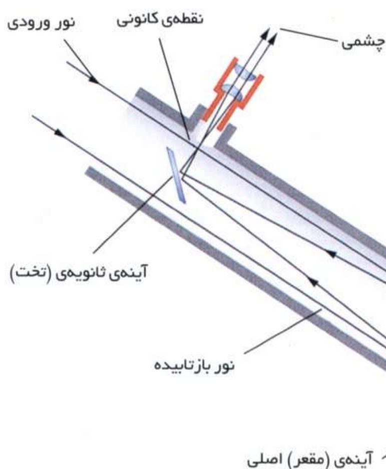
آینه‌ی اصلی در انتهای لوله است.

با پایه‌ی سمت ـ ارتفاعی، به راحتی می‌توان با بالا و پایین و چپ و راست بردن تلسکوپ، جرم‌های آسمان را نشانه‌گیری کرد.

پایه‌ای برای حرکت چپ و راست

انتخاب تلسکوپ بازتابی

تلسکوپ‌های بازتابی با دهانه‌ی ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متری، متداول‌ترین نوع برای رصدگران تازه‌کارند. این تلسکوپ‌ها تصاویر بسیار خوبی از بسیاری از جرم‌ها نشان می‌دهند. ارزان‌ترین نوع آن‌ها تلسکوپ دابسونی است. دابسونی‌ها لوله و پایه‌ی ساده‌ای دارند و برای بخش اپتیک آن‌ها بیش‌تر وقت صرف شده است. این تلسکوپ برای رصدگری که کمتر به عکاسی از اعماق آسمان می‌اندیشد، نتایج بسیار خوبی می‌دهد. اما تلسکوپ‌های گران‌قیمت‌تر، پایه‌های استوایی دارند که دنبال کردن جرم‌ها را، در حال حرکت در آسمان، ساده‌تر می‌کند. پایه‌های استوایی و موتورهای ردیاب برای گرفتن عکس از جرم‌های کم‌نور لازم‌اند. با وجود این، دابسونی‌ها به دلیل ساختار ساده و بهای مطلوب، حتی در اندازه‌های بزرگ، انتخاب اول بسیاری از رصدگران تازه‌کار یا حتی باتجربه است. بیش‌تر افرادی که تلسکوپ بازتابی می‌سازند، پایه‌ی آن را نیز به صورت دابسونی طراحی می‌کنند.



تلسکوپ بازتابی چگونه کار می‌کند؟

آینه‌ی اصلی بازتابی‌ها در انتهای لوله قرار دارد. این آینه (مقعّر) سطح بشقاب‌مانندی دارد که نور ورودی را جمع‌آوری و در نزدیکی سر لوله کانونی می‌کند. سپس آینه‌ای تخت در سر لوله نور را به دیواره‌ی لوله، که چشمی آن‌جاست، بازمی‌تاباند. این طرح بازتابی نیوتونی است.



مریخ در تلسکوپ بازتابی ۲۰۰ میلی‌متری به هنگام مقابله



دنباله‌داری پر نور در تلسکوپ بازتابی ۴۵۰ میلی‌متر

رصد با تلسکوپ بازتابی

چشمی در دیواره‌ی لوله در سر تلسکوپ قرار دارد و تصویر معکوس است. بازتابی‌ها برای رصد جرم‌های کم‌نور، مانند سحابی‌ها، کهکشان‌ها و دنباله‌دارها، بسیار مناسب‌اند. از ماه و سیاره‌ها نیز تصویر خوبی می‌دهند. پیش از استفاده، تلسکوپ باید با هوای بیرون هم‌دما شود تا هنگام رصد، جریان‌های هوایی ناشی از تفاوت دمای تلسکوپ و محیط، موجب آشفتگی تصویر نشود.

تلسکوپ‌های کاتادیوپتریک (ترکیبی)

در برخی تلسکوپ‌ها، هم از آینه و هم از عدسی استفاده می‌شود تا لوله کوتاه‌تر باشد و این نوعی تلسکوپ شکستی / بازتابی است. رایج‌ترین این تلسکوپ‌ها، اشمیت ـ کاسگرِین است. اشمیت ـ کاسگرین‌ها به این دلیل مطلوب‌اند که در ازای دهانه‌ای مشخص، قطر لوله‌ی آن‌ها از نیوتونی‌ها کوتاه‌تر است. استقرار کاسگرین‌ها معمولاً استوایی است و می‌توان برای دنبال کردن ستاره‌ها، آن‌ها را موتوردار یا به کنترل رایانه‌ای مجهز کرد. لوله‌ی سربسته‌ی آن‌ها به این معناست که آینه‌ها مدت بیش‌تری تمیز می‌مانند و جلو جریان‌های هوا، که کیفیت تصویر را خراب می‌کنند، گرفته می‌شود. در انواع تلسکوپ‌های کاسگرین، خطای کروی آینه بسیار کمتر می‌شود و لوله‌ی کوتاه حمل و نقل را آسان‌تر می‌کند. اما همه‌ی این‌ها با افزایش بهای تلسکوپ همراه است.



هدایت رایانه‌ای

پایه‌های گران‌قیمت تلسکوپ‌های آماتوری امروز به کنترل دستی رایانه‌ای و امکان هدایت از رایانه مجهزند. برای استفاده، مکان دو یا سه ستاره‌ی آسمان را به آن نشان می‌دهید و سپس تلسکوپ ستاره‌ها و هزاران جرم آسمان را، فقط با فشردن چند دگمه می‌یابد. این تلسکوپ اطلاعات زیادی از مکان خوشه‌های ستاره‌ای، سحابی‌ها و کهکشان‌ها در خود دارد. با آن‌که اغلب تلسکوپ‌های کاسگرین روی پایه‌های هدایت خودکار قرار دارند، همه نوع تلسکوپی را می‌توان همراه این پایه‌ها تهیه کرد.

تماشای صورت‌های فلکی		
نام	بهترین ماه	مکان
حمل	آبان	۶۰ درجه‌ی جنوبی - ۹۰ درجه‌ی شمالی
ثور (گاو)	آذر	۶۰ درجه‌ی جنوبی - ۹۰ درجه‌ی شمالی
جوزا (دوپیکر)	دی	۶۰ درجه‌ی جنوبی - ۹۰ درجه‌ی شمالی
خرچنگ (سرطان)	بهمن	۶۰ درجه‌ی جنوبی - ۹۰ درجه‌ی شمالی
اسد (شیر)	فروردین	۸۰ درجه‌ی جنوبی - ۸۰ درجه‌ی شمالی
سنبله	اردیبهشت	۹۰ درجه‌ی جنوبی - ۸۰ درجه‌ی شمالی
میزان (ترازو)	خرداد	۹۰ درجه‌ی جنوبی - ۷۰ درجه‌ی شمالی
عقرب	تیر	۹۰ درجه‌ی جنوبی - ۵۰ درجه‌ی شمالی
قوس	تیر	۹۰ درجه‌ی جنوبی - ۵۰ درجه‌ی شمالی
جَدی	شهریور	۹۰ درجه‌ی جنوبی - ۶۰ درجه‌ی شمالی
دَلو	مهر	۸۰ درجه‌ی جنوبی - ۶۰ درجه‌ی شمالی
حوت (ماهی)	آبان	۶۰ درجه‌ی جنوبی - ۹۰ درجه‌ی شمالی
جبّار (شکارچی)	دی	۸۰ درجه‌ی جنوبی - ۷۰ درجه‌ی شمالی
صلیب جنوبی	بیش‌تر سال - بهمن	۹۰ درجه‌ی جنوبی - ۲۵ درجه‌ی شمالی
دب اکبر	بیش‌تر سال - بهمن	۲۵ درجه‌ی جنوبی - ۹۰ درجه‌ی شمالی
قنطورس	بهمن	۹۰ درجه‌ی جنوبی - ۲۵ درجه‌ی شمالی

سحابی رتیل و سحابی جبّار

بازتابی‌ها برای رصد سحابی‌ها، مانند سحابی مرداب (صورت فلکی قوس) یا رتیل در نیم‌کره‌ی جنوبی و سحابی جبّار برای رصدگران هر دو نیم‌کره، کاربردی عالی دارند. رتیل نقطه‌ی روشنی در ابر بزرگ ماژلان است. دیدن رنگ این سحابی‌ها دشوار است؛ زیرا چشم به نور قرمز تیره‌ی سحابی، حتی با تلسکوپی بزرگ، حساس نیست. سحابی جبّار حتی از رتیل نیز درخشان‌تر است و با تلسکوپ آماتوری مناسب ساختارهای بی‌نظیر درون آن دیده می‌شود.

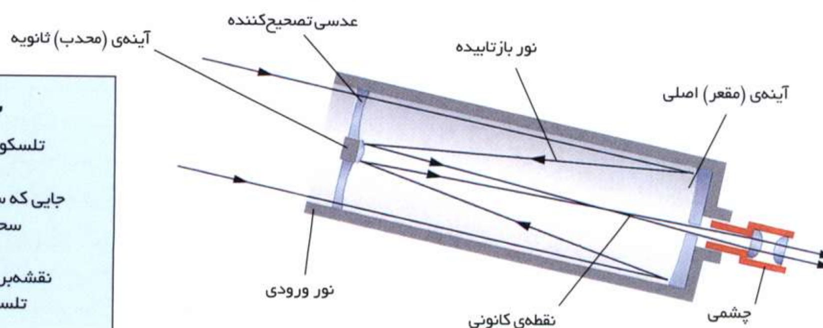
کهکشان گرداب



این کهکشان (M۵۱) در صورت فلکی شمالی تازی‌ها و نزدیک به دسته‌ی ملاقه‌ی دب‌اکبر است. نخستین بار لُرد راس (۱۸۶۷ ـ ۱۸۰۰) ساختار مارپیچی آن‌را در سال ۱۸۴۵ با بازتابی ۱۸۰ سانتی‌متری دید که بزرگ‌ترین تلسکوپ آن زمان بود. زیر آسمان تاریک با بازتابی‌های جدید، بازوهای مارپیچی این کهکشان با تلسکوپی به دهانه‌ی فقط ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، البته بدون رنگ و با جزییاتی کمتر از این عکس دیده می‌شود.

اشمیت ـ کاسگرین چگونه کار می‌کند؟

برای کوتاه نگه‌داشتن لوله، اشمیت ـ کاسگرین‌ها آینه‌ی بسیار خمیده‌ای دارند که در حالت عادی تصاویری بدون کیفیت دارد. عدسی یا تیغه‌ی تصحیح‌کننده‌ای در ابتدای لوله، این مشکل را برطرف می‌کند. وسط این عدسی آینه‌ی ثانویه‌ای است که نور را به حفره‌ای در وسط آینه‌ی اصلی، بازمی‌تاباند. این رفت و برگشت نور و غیر تخت بودن آینه‌ی ثانویه، طول لوله را کوتاه می‌کند. چشمی، مانند تلسکوپ‌های شکستی، در انتهای لوله و پشت آن حفره قرار دارد. در این تلسکوپ‌ها نیز از چپقی برای تنظیم وارونگی تصویر و دیدن جرم‌های بالای سر استفاده می‌شود.

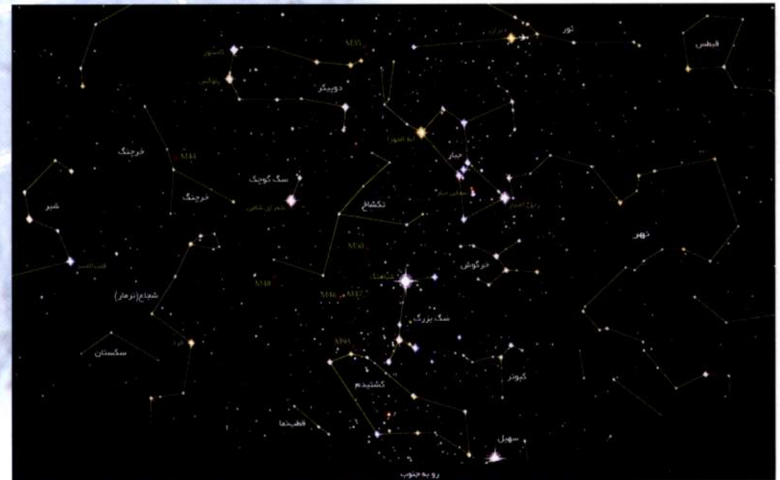


بیش‌تر بدانیم

تلسکوپ چه‌طور کار می‌کند؟ ۱۸
دنباله‌دارها ۱۶۲
جایی که ستاره‌ها متولد می‌شوند ۱۹۲
سحابی‌های سیاره‌نما ۲۰۲
کهکشان‌ها ۲۳۰
نقشه‌برداری از آسمان شب ۲۷۰
تلسکوپ‌های شکستی ۲۹۰

نام‌های نجومی

اخترشناسان نام‌های گوناگونی برای ستاره‌ها و سیاره‌ها برمی‌گزینند. در گذشته، این اسامی بر مبنای اساطیر بومی هر قوم درباره‌ی آسمان بود. با پیش‌رفت اخترشناسی، صورت‌های فلکی در سراسر دنیا یکی شد و روش منسجمی برای نام‌گذاری جرم‌ها تدوین گردید. اکنون انتخاب اسم برای عوارض سیاره‌ای یا قمرهای جدید، دنباله‌دارها و سایر جرم‌های آسمانی، زیر نظر انجمن بین‌المللی نجوم (IAU) صورت می‌گیرد.



سیاره‌ها و قمرها

اسامی سیاره‌ها، در زبان انگلیسی، از شخصیت‌های افسانه‌ای یونان و روم باستان گرفته شده است. رومی‌ها شخصیت الهه‌های گوناگون را در پنج سیاره‌ای که با چشم غیر مسلح دیده می‌شدند، می‌دیدند. عطارد را مرکوری یا الهه‌ی پیام‌آور می‌دانستند؛ زهره را ونوس یا الهه‌ی زیبایی، مریخ سرخ را مارس یا الهه‌ی جنگ و مشتری درخشان را ژوپیتر یا الهه‌ی خدایان می‌نامیدند. سیاره‌های بعدی و (جدید) نیز با همین روش نام‌گذاری شدند. سیاره‌ی اورانوس پدر خدایان، نپتون الهه‌ی دریاها و سیاره‌ی سابق و دوردست پلوتون، الهه‌ی سرزمین‌های زیرین است. در ایران باستان، تیر نام عطارد، ناهید یا آناهید نام زهره و به‌معنی الهه‌ی زایش و باروری بود؛ بهرام (مریخ) نام الهه‌ی جنگ و هرمزد (مشتری) نام اهورامزدا بود. اسامی قمرها نیز معمولاً وابسته به نام سیاره‌ی مادر آن‌هاست؛ فوبوس و دیموس در اساطیر یونان پسران الهه‌ی جنگ بودند و قمرهای اصلی مشتری به نام عاشقان پرشمار ژوپیتر است. عوارض سطحی سیاره‌ها و ماه نیز نام‌های خاصی دارند؛ تقریباً همه‌ی عوارض زهره به نام خانم‌های سرشناس تاریخ‌اند.

دنباله‌دارها و سیارک‌ها

دنباله‌دارها تنها جرم‌های نجومی‌اند که بنا بر نام کاشف آن‌ها نام‌گذاری می‌شوند. کشف دنباله‌دار از طریق پست الکترونیک (ای‌میل) به مرکز تلگرام‌های نجومی وابسته به IAU اعلام می‌شود. اگر دو رصدگر، هم‌زمان، کشف دنباله‌داری را اعلام کنند، دنباله‌دار نام هر دو را دربرمی‌گیرد (مانند دنباله‌دار هیل ـ باپ در سال ۱۹۹۷). در سال‌های اخیر، بسیاری از دنباله‌دارها به نام طرح‌های جست‌وجوی روبوتی آسمان شب یا یک ابزار نام‌گذاری شده‌اند؛ مانند لی‌نیر، نیت یا سوآن. پس از به‌دست آوردن مدار دنباله‌دار، نامی رسمی نیز به آن داده می‌شود؛ مثلاً دنباله‌دار هیل ـ باپ C /۱۹۹۵O۱ نام دارد (O نشان‌دهنده‌ی چندمین بازه‌ی دوهفته‌ای پس از آغاز سال ۱۹۹۵ است که در آن کشف شده است. A اولین دوهفته‌ی سال و O پانزدهمین دوهفته است. عدد (۱) نیز نشان‌دهنده‌ی نخستین دنباله‌دار کشف شده در آن دو هفته است. دنباله‌دار هالی به نام مردی است که مدار آن‌را محاسبه کرد و نه به نام کاشف آن که شناخته شده نیست. سیارک‌ها نیز غیر معمول‌اند. آن‌ها نیز از معدود جرم‌هایی هستند که کاشف، حق نظر دادن در مورد نام‌گذاری آن‌ها را دارد؛ اما به نام خود او نخواهد بود. فهرست‌های نجومی سیارک‌ها را با نام و عدد مشخص می‌کنند. مثلاً (۱) سِرِس، اولین سیارکی است که در سال ۱۸۰۱ کشف شد. در این اواخر، به نام سیارک‌ها سال و حرفی، مشابه دنباله‌دارها اضافه می‌شود. در مورد نام خاص، هم‌چنان کاشف نظر می‌دهد و کمیته‌ی نام‌گذاری در IAU آن‌را نهایی می‌کند. به این ترتیب، نام سیارک‌ها بسیار گوناگون است.

سحابی‌ها و دیگر جرم‌های ژرفای آسمان

برخی سحابی‌ها، کهکشان‌ها و خوشه‌های ستاره‌ای نام‌های خاصی دارند (مانند پروین)؛ اما همه‌ی آن‌ها در فهرست جرم‌ها، شماره نیز دارند. در فهرست مسیه معروف شارل، که در سال ۱۷۸۴ با ۱۰۳ جرم مه‌آلود غیرستاره‌ای آسمان منتشر شد (و پس از آن به مجموع ۱۱۰ جرم رسید)، هریک از جرم‌ها با M و عددی کنار آن مشخص می‌شوند. مثلاً خوشه‌ی پروین M۴۵ است. فهرست مسیه را جان دِرِیِر در دهه‌ی ۱۸۸۰ با فهرست عمومی جدید (NGC) و فهرست ضمیمه (IC)، که بیش از ۱۳هزار جرم را شامل می‌شد، کامل کرد. برخی فهرست‌ها نیز فقط برای انواع خاصی از جرم‌ها هستند. مثلاً اختروش ۳C۲۷۳، دویست‌وهفتادوسومین منبع رادیویی بود که در سومین نقشه‌برداری رادیویی کمبریج (۳C) یافت شد. دجاجه ۱ ـ X، اولین منبع پرتو ایکس در دجاجه بود. تپ‌اختر خرچنگ، به نام ۰۵۳۱+۲۱، بنا بر مختصات بعد (چپ) و میل (راست) آن نام‌گذاری شده است و اَبَرنواختر ۱۹۸۷A نخستین اَبَرنواختر مشاهده شده در سال ۱۹۸۷ است.

نام ستاره‌ها

بیش از صد ستاره، هنوز نامی را که قرن‌ها پیش گرفته‌اند، دارند. ممکن است این نام‌ها ستاره را توصیف کنند یا به اساطیر و افسانه‌های باستان مربوط شوند. بسیاری از ستاره‌های درخشان آسمان نیم‌کره‌ی شمالی، نامی عربی دارند که اخترشناسان سرشناس دوره‌ی اسلامی، به‌خصوص ایرانیانی مانند صوفی رازی، بر آن‌ها گذاشته‌اند. برای مثال، «دَبَران» در عربی به معنای «دنباله‌رو» است. زیرا به دنبال پروین است. در انگلیسی نیز به آن آلدِبران می‌گویند. کاستور و پلوکس، دو ستاره‌ی سرجوزا، نام دوقلوهایی در افسانه‌های یونانی بودند. امروزه اخترشناسان روش منسجم‌تری می‌پسندند. دادن حرفی یونانی به هر ستاره‌ی صورت فلکی، بر مبنای روشنایی آن، روش یوهان بایر در ابتدای قرن هفدهم میلادی است. به این ترتیب، شباهنگ پرنورترین ستاره‌ی صورت فلکی کلب‌اکبر، آلفا ـ کلب‌اکبر نامیده می‌شود. با اختراع تلسکوپ‌های قوی‌تر، میلیون‌ها ستاره‌ی کم‌نور دیده شد و برخی اخترشناسان، فهرستی از ستاره‌ها را بر اساس شماره و صورت فلکی جمع‌آوری کردند. در دنیای امروز، اغلب نام‌گذاری‌ها بر اساس فهرست‌های رایج مانند HIP یا بر اساس بعد و میل ستاره است. ممکن است ستاره‌ای پرنور نامی خاص یا نامی با حروف یونانی و اعداد فهرستی بسیار، از جمله عدد SAO (رصدخانه‌ی اخترفیزیکی اسمیت سونی) و عدد HD (هنری دِرِیِر) داشته باشد.

نام و تلفظ ۱۸ ستاره‌ی درخشان آسمان

ردیف	نام رایج	اِعراب	نام کهن یا دیگر معادل‌ها	نام لاتینی
۱	شعرای یمانی (شباهنگ)	شِ یَ یَ	تیشتر	Sirius
۲	سهیل	سُ هِ	احتمالاً سَدوِیس	Canopus
۳	سماک رامح	سِ کِ مِ	نگهبان شمال، احتمالاً هفت‌اورنگ	Arcturus
۴	نسر واقع	نَ رِ	احتمالاً وَنَند	Vega
۵	عیوق	عَ	سروش، بُزبان	Capella
۶	رجل‌الجبار	رِ لُ	پای شکارچی	Rigel
۷	شعرای شامی	شِ	–	Procyon
۸	یدالجوزا (ابط‌الجوزا)	یَ (اِ طَ)	شانه‌ی شکارچی	Betelgeuse
۹	نسر طایر	نَ رِ یِ	سه‌پایه	Altair
۱۰	دبران	دَ بَ	چشم گاو	Aldebaran
۱۱	نعیم (آلفا ـ صلیب جنوبی)	نَ	نیر نَعیم	Acrux
۱۲	قلب‌العقرب	قَ بُ عَ رَ	دل مریخ	Antares
۱۳	سماک اعزل	سِ کِ اَ زَ	–	Spica
۱۴	پلوکس	–	رأس پیکر پسین (شرقی)	Pollux
۱۵	فم‌الحوت	فَ مَ	دهان ماهی	Famalhaut
۱۶	ردف	رِ	دُم قو	Deneb
۱۷	رجل‌القنطورس	رِ لُ	پای قنطورس	Alpha-Centauri
۱۸	قلب‌الاسد	قَ بُ اَ سَ	قلب شیر	Regulus

صورت‌های فلکی

صور فلکی در ابتدا نقشی از ستاره‌های پرنور بودند که مردم تمدن‌های باستان، حیوانات، مردم و دیوهای اسطوره‌ای خود را از آن‌ها تصور می‌کردند. حدود سال ۱۵۰ میلادی، بطلمیوس فهرستی از ۴۸ صورت فلکی ابداع شده تا آن زمان تهیه کرد و پس از آن اخترشناسان اسامی دیگری به این فهرست اضافه کردند تا ۸۸ صورت فلکی امروزی به‌دست آمد. اکنون صورت‌های فلکی، ناحیه‌های تقسیم شده‌ی آسمان‌اند و نه فقط شکل و نقشی از ستاره‌ها. در جدول زیر مساحت هر صورت فلکی به درجه‌ی مربع آمده است. بزرگ‌ترین آن‌ها شجاع و کوچک‌ترین صلیب جنوبی است.

نام صورت‌های فلکی (به ترتیب الفبا) و تلفظ درست آن‌ها

نام رایج	اِعراب	معادل فارسی	نام لاتین	اندازه
آتش‌دان (مجمره)	مِ جْ مَ رِ	-	Ara	۲۳۷
مسلسله، امراةالمسلسله (آندرومدا)	اِ رَ ةُ مُ سَ سَ	زن به زنجیر بسته	Andromeda	۷۲۲
ارابه‌ران	-	-	Auriga	۶۵۷
اسد	اَ سَ	شیر	Leo	۹۴۷
اسد اصغر	اَ سَ	شیر کوچک	Leo Minor	۲۳۲
قلم (اسکنه)	اِ کِ نِ	قلم سنگ‌تراش	Caelum	۱۲۵
اکلیل جنوبی	اِ	تاج جنوبی	Corona Australis	۱۲۸
اکلیل شمالی	اِ	تاج شمالی، کاسه درویشان	Corona Borealis	۱۷۹
بادبان (شراع)	شِ	-	Vela	۵۰۰
برساوش	بِ وَ	-	Perseus	۶۱۵
حرباء	-	آفتاب‌پرست	Chamaeleon	۱۳۲
پرگار	-	-	Circinus	۹۳
تازی‌ها	-	سگان شکاری	Canes Venatici	۴۶۵
تک‌شاخ	-	-	Monoceros	۴۸۲
تلسکوپ	-	-	Telescopium	۲۵۲
تلمبه	-	-	Antila	۲۳۹
تنین (اژدها)	تِ نَ	اژدها	Draco	۱۰۸۳
تور	-	-	Reticulum	۱۱۴
توکان	-	-	Tucana	۲۹۵
ثمن	ثُ مْ	هشتک	Octans	۲۹۱
ثور	ثُ	گاو	Taurus	۷۹۷
جاثی	-	بر زانو نشسته	Hercules	۱۲۲۵
جام (باطیه)	-	-	Crater	۲۸۲
جبار	جَ بَ	شکارچی	Orion	۵۹۴
جدی	جَ ذْ یْ	بزماهی	Capricornus	۴۱۴
حجار	حَ جّ	سنگ‌تراش	Sculptor	۴۷۵
شاه‌تخته	حَ مّ	(بخشی از کشتی)(۱)	Carina	۴۹۴
حمل	حَ مَ	بره، قوچ	Aries	۴۴۱
حوت	-	ماهی	Pisces	۸۸۹
حوت جنوبی	-	ماهی جنوبی	Pisces Austrinus	۲۴۵
خرگوش (ارنب)	(اَ رْ نَ)	-	Lepus	۲۹۰
خطکش	-	-	Norma	۱۶۵
دب اصغر	دُ	خرس کوچک	Ursa Minor	۲۵۶
دب اکبر	دُ	خرس بزرگ	Ursa Major	۱۲۸۰
دجاجه	دُ ج جَ یا دَ جِ ج	ماکیان، قو، صلیب شمالی	Cygnus	۸۰۴
درنا	دُ	-	Grus	۳۶۶
دلفین	-	-	Delphinus	۱۸۹
دلو	دَ لْ وْ	آب‌ریز	Aquarius	۹۸۰
جوزا (دوپیکر)	-	دوپیکر	Gemini	۵۱۴
ذات‌الکرسی	ثُ کُ	الهه‌ی کرسی	Cassiopeia	۵۹۸
روباهک	-	-	Vulpecula	۲۶۸
زرافه	-	-	Camelopardalis	۷۵۷
ساعت	-	-	Horologium	۲۴۹
سپر	-	-	Scutum	۱۰۹
سرطان	سَ رَ	خرچنگ	Cancer	۵۰۶
سُدْس (سکستانت)	سِ کْ	-	Sextans	۳۱۴
سنبله	سُ نْ بُ	دوشیزه، خوشه	Virgo	۱۲۹۴
سوسمار (چلپاسه)	(چَ)	چلپاسه	Lacerta	۲۰۱
سه‌پایه	-	سه‌پایه نقاشی	Pictor	۲۴۷
سهم (تیر)	سَ هْ	تیر	Sagitta	۸۰
سیاه‌گوش (وشق)	وَ شَ	عَنقا	Lynux	۵۴۵
ققنوس (سیمرغ) (۲)	-	-	Phoenix	۴۶۹
شجاع	شُ	مار نر	Hydra	۱۳۰۳
شلیاق	شَ	چنگ رومی	Lyra	۲۸۶
صلیب جنوبی	-	چَلیپا	Crux	۶۸
طاووس	-	-	Pavo	۳۷۸
عقاب	-	کژدم	Aquila	۶۵۲
عقرب	-	گاوران	Scorpius	۴۹۷
عوا	عَ	-	Bootes	۹۰۷
فرس اعظم (اسب بال‌دار)	فَ رَ س	اسب بال‌دار	Pegasus	۱۱۲۱
قطب‌نما	-	-	Pyxis	۲۲۱
پاره‌اسب	-	-	Equuleus	۷۲
قنطورس	قِ نْ رِ	کمان، نیم‌اسب، رامی	Centaurus	۱۰۶۰
قوس	-	نهنگ	Sagittarius	۸۶۷
قیطس	قِ یْ طُ	-	Cetus	۱۲۳۱
قیفاووس	ق وُ	-	Cepheus	۵۸۸
کبوتر	-	-	Columba	۲۷۰
کشتیدم	-	-	Puppis	۶۷۳
کلاغ (غراب)	غُ	سگ کوچک	Corvus	۱۸۴
کلب اصغر	کَ	سگ بزرگ	Canis Minor	۱۸۳
کلب اکبر	کَ	-	Canis Major	۳۸۰
کوره	-	-	Fornax	۳۹۸
کوه‌میز	-	-	Mensa	۱۵۳
گرگ	-	-	Lupus	۳۳۴
گیسوان برنیکه (گیسو)	بِ	-	Coma Berenices	۳۸۶
مار (حیه)	(حَ یّ)	-	Serpens	۶۳۷
مار آبی(۳)	-	-	Hydrus	۲۴۳
مارافسای (حوا)	زْ اَ (حَ وّ)	مار به‌دوش	Ophiuchus	۹۴۸
ماهی پرنده	-	-	Volans	۱۴۱
ماهی طلایی	-	-	Dorado	۱۷۹
مثلث	-	-	Triangulum	۱۳۲
مثلث جنوبی	-	-	Triangulum Australe	۱۱۰
مرغ بهشتی	-	-	Apus	۲۰۶
مگس	-	-	Musca	۱۳۸
میزان (ترازو)	نَ ةْ	-	Libra	۲۹۰
میکروسکوپ	هِ	-	Microscopium	۲۱۰
نهر		رود	Eridanus	۱۱۳۸
سرخ‌پوست (هندی)			Indus	۲۹۴

۱. کشتی، نام یکی از صورت‌های فلکی قدیمی است که امروزه به چهار صورت فلکی کشتیدم، بادبان، قطب‌نما و شاه‌تخته تقسیم شده است.
۲. Phoenix (فونیکس) در اسطوره‌ها نام مرغ آتش است که از خاکستر نوع خود متولد می‌شود و در فارسی برابر ققنوس است.
۳. نام شجاع (بزرگ‌ترین صورت فلکی آسمان) و صورت فلکی جنوبی مار آبی، گاهی اشتباه می‌شود. شجاع نوعی مار نر و مار آبی نوعی مار باریک و ظریف است.

نام دوم و رایج برخی صورت‌های فلکی بین دو قلاب (پرانتز) نوشته شده است. مانند تِنین یا اژدها که هر دو آن‌ها متداول است.

گاه‌شمار نجوم و فضا

۴۰۰۰ پیش از میلاد
نخستین برج‌های فلکی
بنا بر نقش‌های برجای مانده بر سفال‌های این دوره در بین‌النهرین و منطقه‌ای از ایران امروز، برخی صورت‌های فلکی منطقةالبروج شناخته شده است. انسان دشت‌نشین و کشاورزپیشه، به شناخت دقیق فصل‌ها و تقویم نیاز داشت. به همین سبب، حرکت‌های آسمانی ماه و خورشید را دنبال و قلمرو آن‌ها را در بین ستاره‌ها با ابداع برخی از نخستین صورت‌های فلکی، مشخص می‌کرد. به احتمال زیاد، چهار صورت فلکی میزبان نقاط انقلاب زمستانی و تابستانی و نقاط اعتدال بهاری و پاییزی ابداع شده بود. شواهدی نیز در دست است که صورت‌های فلکی بسیار بارزی مانند دب‌اکبر یا جبّار در افسانه‌های انسان چندهزار سال پیش از این دوره نیز وجود داشته است.

۳۰۰۰ پیش از میلاد
اخترشناسی سنگی
بنای استون‌هنج، که در چند قرن نخست هزاره‌ی سوم پیش از میلاد در جنوب انگلستان ساخته شد، تقویم نجومی عظیمی است که آرایش تکه‌سنگ‌های بسیار بزرگ آن، دایره‌های هم‌مرکز و نشانه‌هایی می‌سازند. اقوام باستانی این منطقه می‌توانستند به کمک رصد طلوع و غروب خورشید و جایگاه ماه و ستاره از بین این سنگ‌ها، تقویمی به‌وجود آورند و شاید حتی برخی پدیده‌های نجومی را پیش‌بینی کنند. امکان دارد بسیاری از مکان‌های باستانی، مانند اهرام مصر (حدود ۲۶۰۰ پیش از میلاد) و بناهایی در چین و آمریکای مرکزی و جنوبی (اوایل هزاره‌ی نخست پیش از میلاد تا هزاره‌ی نخست میلادی)، اهمیت نجومی داشته باشند.

۷۵۰ پیش از میلاد
چرخه‌ی ماه
اخترشناسان در بابل باستان، چرخه‌ای ۱۸/۶ ساله را در طلوع و غروب ماه، یا در حقیقت در موقعیت‌های سماوی آن، شناختند که به چرخه‌ی ساروس معروف است. بر اساس آن، بابلیان نخستین تقویم‌های نجومی یا آلمانک (حدّ اول حرکات خورشید، ماه و سیاره‌ها که در اختربینی از آن‌ها استفاده می‌شد) را پدید آوردند. رصدهای دقیق نجومی در بابل با پیوستن آن به قلمرو هخامنشیان و پیوستن مُغان (پیروان حضرت نوح علیه السلام) رصدگر ایرانی به آن‌ها، اوج گرفت. آن‌ها بیش‌تر پدیده‌های آسمان، به‌خصوص پدیده‌های تکرارشونده را با دقت خاصی ثبت می‌کردند و دنبال دوره‌های ناشناخته‌ی سماوی بودند.

۳۸۰ پیش از میلاد
دیدگاه زمین‌مرکز
فیلسوف یونانی، افلاطون، مکتبی بنیان نهاد که بر ۲۰۰۰ سال آینده هم تأثیر گذاشت. این مکتب حامی این نظریه بود که همه چیز در جهان هستی در هماهنگی کامل حرکت می‌کند. خورشید، ماه و سیاره‌ها هم در مدارهای دایره‌ی کامل دور زمین می‌گردند. دو دهه‌ی بعد، ارسطو زیر نظر ائودوکسوس آموزش دید و نظریه‌های جهان‌شناسی خود را، که قرن‌ها مبنای کار فلاسفه و اخترشناسان بود، پایه‌گذاری کرد. او نیز زمین را ثابت و در مرکز کیهان می‌دانست.

۲۷۰ پیش از میلاد
دیدگاه خورشیدمرکز
آریستارخوس یونانی نظریه‌ای در مقابل عالم زمین‌مرکز مطرح کرد. مدل خورشیدمرکز او خورشید را در مرکز جهان هستی نشاند و زمین را به مقام سیاره‌ای، که فقط دور آن می‌گردد، تنزل داد. عده‌ی اندکی این نظریه را جدی گرفتند: اگر زمین در فضا حرکت می‌کند، چرا ستاره‌ها در آسمان نسبت به هم حرکت نمی‌کنند؟ آریستارخوس به روش مثلثاتی فاصله‌ی ماه و خورشید را از زمین تخمین زد.

۱۶۴ پیش از میلاد
دنباله‌دار هالی
نخستین ثبت رصد دنباله‌دار هالی را اخترشناسان بابل باستان ۱۶۴ سال پیش از میلاد انجام دادند. ثبت حرکت دنباله‌دار به‌دست آن‌ها، به اخترشناسان قرن بیستم امکان داد تغییرات مدار آن‌را طی قرن‌ها پیش‌بینی کنند. در آن دوره، کسی متوجه نشد که هالی در دوره‌های ۷۶ ساله بازمی‌گردد. این موضوع ۱۹ قرن بعد در زمان دانشمندی به نام هالی کشف شد.

۱۵۰ پیش از میلاد (تقریبی)
قدرسنجی اَبَرخُس
در سال‌های نیمه‌ی دوم قرن دوم پیش از میلاد، بزرگ‌ترین اخترشناس رصدگر آن دوره، اَبَرخُس، یکی از نخستین فهرست‌های ستاره‌ای آسمان را تهیه کرد که احتمالاً حدود ۸۵۰ ستاره را شامل می‌شد و مبنای کار بطلمیوس در قرن دوم بود. او از تغییرات سال نجومی به حرکت تقدیمی زمین پی برد. اندازه و فاصله‌ی نسبی ماه و خورشید را تخمین زد و روشی برای سنجش روشنایی ستاره‌ها پایه‌گذاری کرد که مبنای قدرسنجی در اخترشناسی امروز است.

۱۵۰ میلادی
فهرست ستاره‌ای
بطلمیوس فهرست ستاره‌ای خود را، شامل ۴۸ صورت فلکی، منتشر و از دیدگاه عالم زمین‌مرکز حمایت کرد. دیدگاه‌های او تقریباً ۱۵۰۰ سال با هیچ پرسش پافشارانه‌ای مواجه نشد. بطلمیوس در کتاب خود، مجسطی، عالم زمین‌مرکز و اصول ریاضی آن‌را شرح داد. این کتاب به‌دست اخترشناسان جهان اسلام ترجمه شد و از آن راه به اروپای قرون وسطی رسید.

۹۲۸ میلادی / ۳۱۶ هجری قمری
اسطرلاب
نخستین اسطرلاب برجای مانده را صنعت‌گران مسلمان ساخته‌اند (نمونه‌های متفاوت و ساده‌تری از همین ابزار در دوران باستان نیز وجود داشته است). اسطرلاب پیش‌رفته‌ترین ابزار دوره‌ی خود بود که هنوز هم ابزاری کاربردی و مفید در سنجش آسمان با چشم برهنه است. اندازه‌گیری‌های دقیق موقعیت ستاره‌ها و سیاره‌ها به اخترشناسان مسلمان امکان داد مفصل‌ترین تقویم‌ها و جدول‌های نجومی و اطلس‌های ستاره‌ای را تا آن زمان تهیه کنند.

۹۶۴ میلادی / ۳۵۳ هجری قمری
کتاب راهنمای آسمان
عبدالرحمن صوفی رازی، بزرگ‌ترین اخترشناس رصدگر دوره‌ی خود، کتاب صورالکواکب را به پایان رساند. این اخترشناس ایرانی کتاب راهنمای آسمان خود را به زبان علمی آن دوره، عربی، نوشت و بعدها خواجه نصیرالدین توسی آن‌را به فارسی برگرداند. این کتاب هفت قرن پس از فهرست ستاره‌ای بطلمیوس، نخستین راهنمای جامع آسمان بود که تا قرن‌ها بعد منبع اصلی اخترشناسان به‌شمار می‌رفت. صوفی در کتاب خود نخستین اشاره را در تاریخ به چند جرم غیر ستاره‌ای ژرفای آسمان کرده است؛ از جمله کهکشان مسلسله (آندرومدا) و ابر بزرگ ماژلان که هر دو را سحابی‌ای مه‌آلود توصیف کرده است.

۱۰۵۴ میلادی
اَبَرنواختر
در این سال، اخترشناسان چینی ظهور ناگهانی ستاره‌ای درخشان را ثابت کردند. حکاکی‌های بومیان آمریکا روی سنگ‌ها این ستاره‌ی درخشان را کنار ماه نشان می‌دهد. در حقیقت این ستاره انفجار اَبَرنواختری بود که سحابی خرچنگ را ساخت. این واقعه پس از اَبَرنواختر سال ۱۰۰۷ میلادی، که تقریباً در سراسر تمدن‌های پیش‌رو آن زمان ثبت شد، دومین اَبَرنواختر حیرت‌انگیز آن قرن بود.

۱۲۶۰ میلادی / ۶۵۸ هجری قمری
رصدخانه‌ی مراغه
خواجه نصیرالدین توسی موفق شد با دریافت بودجه‌ای کلان از فرمان‌روای مغول در دوره‌ی ایلخانی، رصدخانه‌ای در مراغه بسازد که مجهزترین و کارآمدترین رصدخانه‌ی عصر خود بود. به‌طوری که به الگویی برای رصدخانه‌های آینده‌ی دنیای پیش از تلسکوپ تبدیل شد. در ساختمانی گرد به قطر حدود ۲۸ متر و احتمالاً مانند برجی ۴ طبقه، اخترشناسان بسیاری جمع می‌شدند. رصدخانه‌ی مراغه با کتاب‌خانه‌ای بی‌نظیر، ابزارهایی چون ربع دیواری بزرگی برای زاویه‌سنجی در آسمان و حضور منجمانی مانند قطب‌الدین شیرازی، بخاری و ابن‌شاطر در

کنار نصیرالدین توسی، به بزرگ‌ترین پژوهشکده‌ی نجوم در آن دوره تبدیل شد. حدود ۱۲ سال پس از ساخت رصدخانه، زیج یا جداول نجومی ایلخانی از اطلاعات به‌دست آمده منتشر شد. پس از توسی در دهه‌های بعد، دوران شکوفایی رصدخانه با کمبود بودجه و وقوع چند زمین‌لرزه به پایان رسید و فقط ویرانه‌ای از آن باقی ماند.

۱۴۲۰ میلادی / ۸۲۳ هجری قمری
سمرقند

الغ‌بیگ، پادشاه و از نواده‌های تیمور لنگ، زاده‌ی سلطانیه در نزدیکی زنجان، اخترشناسی بلندپرواز و با پشت‌کار بود. او با طراحی منجم ایرانی دیگری به نام غیاث‌الدین جمشید کاشانی، رصدخانه و مدرسه‌ی بزرگ نجوم را در سمرقند ساخت تا ادامه‌ی راه رصدخانه‌ی مراغه و نصیرالدین توسی باشد. رصدخانه ساختمانی سه طبقه و شامل بزرگ‌ترین ابزار زاویه‌سنجی بود. قوس سنگی بزرگی از جنس مرمر در تونلی زیر ساختمان، رو به آسمان و در جهت نصف‌النهار ناظر (رو به جنوب) باز می‌شد. این ابزار کمانی ۶۰ درجه به شعاع ۴۰ متر و یک سُدسِ فَخری بود (سدس به معنی یک ششم است. سدس‌های کوچک‌تر دستی بعدها مبنای ساخت سکستانت، ابزار جهت‌یابی دریانوردان شد). اندازه‌ی ابزار و دقت کار منجمان چنان بود که موقعیت ستاره‌ها را با دقت چند ثانیه قوس با چشم غیر مسلح می‌سنجیدند و زمان دقیق عبور ستاره از نصف‌النهار ناظر (نصف‌النهار گذرنده از شمال، جنوب و بالای سر) را به‌دست می‌آوردند. در نتیجه‌ی این مشاهدات، در حدود سال ۱۴۳۷ میلادی، زیج سلطانی با فهرست ۹۹۲ ستاره‌ی آسمان و تصحیحاتی بر مجسطی بطلمیوس و اطلاعاتی دقیق از حرکت سیاره‌ها، منتشر شد. تصور می‌شود این داده‌ها و نظریات توسی در مراغه، مبنای اندیشه‌ی خورشیدمرکزی کوپرنیک شده باشد.

۱۵۴۳ میلادی
منظومه‌ی کوپرنیکی

نیکلاس کوپرنیک نظریه‌ی خود را، مبنی بر چرخش زمین به دور خورشید، منتشر کرد که کاملاً با تعالیم کلیسا مغایر بود. با آن‌که او از مدار بیضوی سیاره‌ها آگاه نبود، با حفظ مدارهای دایره‌ای کامل آن‌ها، که افلاطون پیشنهاد کرده بود، نظریه‌ی خورشیدمرکزی خود را به‌طور ناقص ارائه داد.

۱۵۷۷ میلادی
دنباله‌دار تیکو

تیکو براهه دنباله‌دار درخشانی را رصد کرد. او از اختلاف منظر مشاهده شده در این دنباله‌دار، ثابت کرد که این جسم در فراسوی جوّ زمین در حال حرکت است. به این ترتیب، نخستین شواهد از ماهیت آسمانی و غیر جوّی دنباله‌دارها و امکان تغییر کردن آسمان‌ها برخلاف اندیشه‌های ارسطویی فراهم آمد.

۱۶۰۸ میلادی
نخستین تلسکوپ

عینک‌ساز هلندی، هانس لیپرشی (حدود ۱۶۱۹ ـ حدود ۱۵۷۰)، تلسکوپ شکستی را اختراع کرد (با آن‌که نمونه‌هایی از طرح‌های قدیمی‌تر نیز پیدا شده است، مشخص نیست که به ساخت تلسکوپ منجر شده باشد). این اختراع به‌سرعت در سراسر اروپا گسترش یافت و دانشمندانی مانند گالیله نمونه‌های خود را از روی آن ساختند. کشف‌های دانشمندان گوناگون در این زمینه، سرآغاز انقلابی در اخترشناسی بود.

۱۶۰۹ میلادی
قوانین کپلر

یوهان کپلر کتاب خود، اخترشناسی نوین، را منتشر کرد. او در این کتاب و کتاب‌های بعدی سه قانون حرکت‌های سیاره‌ای خود را اعلام کرد که در آن‌ها مدارهای بیضوی را جای‌گزین مدارهای دایره‌ای افلاطون و کوپرنیک کرده بود تا مشکل تغییر سرعت حرکت سیاره‌ها را در آسمان و در مدارهایشان توضیح دهد. تقویم‌های نجومی، که بر اساس قوانین کپلر طراحی شد، موقعیت سیاره‌ها را بسیار دقیق‌تر از قبل پیش‌بینی می‌کرد.

۱۶۱۰ میلادی
رصدهای تلسکوپی

گالیله‌ئو گالیله یافته‌های حاصل از رصد با تلسکوپ دست‌ساز خود را منتشر کرد. این یافته‌ها شامل لکه‌هایی روی خورشید، دهانه‌های برخوردی روی ماه، ماهیت ستاره‌ای نوار راه شیری و چهار قمر مشتری و گردش آن‌ها به دور مشتری بود.

او، با اثبات این‌که همه چیز به دور زمین نمی‌گردد، دیدگاه خورشیدمرکزی کوپرنیک را تأیید کرد. گالیله در پافشاری بر این دیدگاه در سال‌های پایانی عمرش از سوی کلیسا در خانه‌ی خود در فلورانس ایتالیا حبس شد. اما در آن دوره هم رُخ‌گرد یا لیبراسیون ماه را کشف کرد.

۱۶۵۵ میلادی
تیتان

با افزایش قدرت و کیفیت تلسکوپ‌ها، کریستین هویگنس به بررسی زحل پرداخت و بزرگ‌ترین قمر آن، تیتان، را کشف کرد. او شکل زحل را شرح داد و به وجود حلقه‌ای نازک اطراف این سیاره اشاره کرد.

۱۶۶۳ میلادی
تلسکوپ بازتابی

جیمز گریگوری (۱۶۷۵ ـ ۱۶۳۸)، اخترشناس اسکاتلندی، تلسکوپ بازتابی ساخت که در آن به جای عدسی از آینه استفاده شده بود به این ترتیب به گشودگی دهانه‌های بزرگ‌تری دست یافت و از هدر رفتن نور جلوگیری کرد. طی پنج سال بعدی، ایزاک نیوتن این طرح را تکمیل و تلسکوپ نیوتنی را اختراع کرد. نمونه‌های دیگری از این تلسکوپ در سال‌های بعد ساخته شد و به مرور، برتری‌های بازتابی‌های بزرگ در مقایسه با شکستی‌ها مشخص گردید.

۱۶۸۷ میلادی
نظریه‌ی گرانش

ایزاک نیوتن کتاب اصول ریاضیات خود را منتشر کرد که در آن، به ارائه‌ی نظریه‌ی گرانش و قوانین حرکت اجسام پرداخته بود. او در این کتاب به شرح قوانین حرکت‌های سیاره‌ای کپلر پرداخت و به اخترشناسان در درک نیروهای عمل‌کننده میان خورشید، سیاره‌ها و قمرهای آن‌ها کمک کرد. فیزیک نیوتنی انقلابی در علم بود.

۱۷۰۵ میلادی
دنباله‌دار هالی

ادموند هالی بر اساس محاسباتی نشان داد که دنباله‌دارهایی که از سال ۱۴۵۶ تا ۱۶۸۲ در بازه‌های زمانی ۷۶ ساله ظهور کرده و ثبت شده‌اند، یک دنباله‌دار است (هالی). او پیش‌بینی کرد که این دنباله‌دار دوباره در سال ۱۷۵۸ بازمی‌گردد. وقتی طبق پیش‌بینی او دنباله‌دار دوباره ظاهر شد، هالی زنده نبود؛ اما دنباله‌دار را به نام او نامیدند.

۱۷۵۰ میلادی
آسمان جنوبی

نیکولا دولاکای (۱۷۶۲ـ ۱۷۱۳)، اخترشناس فرانسوی، به سوی اقیانوس‌های جنوبی بادبان کشید و کار بزرگ فهرست کردن بیش از ۱۰هزار ستاره‌ی آسمان جنوبی را به‌انجام رساند. با آن‌که پیش از او کسانی مانند هالی، آسمان را رصد کرده بودند، دولاکای نخستین فهرست جامع از آسمان جنوبی را تهیه کرد.

۱۷۸۱ میلادی
اورانوس

اخترشناس آماتور، ویلیام هرشل، سیاره‌ی اورانوس را کشف کرد. اما در نخستین رصدها، آن‌را با یک دنباله‌دار اشتباه گرفت. اورانوس نخستین سیاره‌ای بود که فراسوی زحل (دورترین سیاره‌ای که از دوره‌ی باستان شناخته شده بود) کشف می‌شد.

۱۷۸۴ میلادی
فهرست مسیه

شارل مسیه فهرست خود را، که مجموعه‌ای از خوشه‌های ستاره‌ای و سحابی‌ها بود، منتشر کرد. این فهرست شامل اجرامی بود که به تصور مسیه، امکان داشت با دنباله‌دارها اشتباه گرفته شود. این فهرست به سرعت به مرجعی برای رصد خوشه‌های ستاره‌ای، سحابی‌ها و کهکشان‌ها تبدیل شد و هنوز هم در

رصدهای عمومی کاربرد دارد.

۱۸۰۰ میلادی
تابش فروسرخ
ویلیام هرشل، به کمک یک منشور، نور خورشید را تجزیه کرد و با گرماسنج به بررسی میزان انرژی هریک از رنگ‌های تجزیه شده‌ی طیف پرداخت. این نخستین بررسی طیف یک ستاره در تاریخ بود. در این بررسی، او متوجه شد که بعد از نور قرمز طیف، افزایش ناگهانی حرارت رخ می‌دهد. سپس امواج نامرئی فروسرخ (حرارتی) را کشف کرد و سنگ بنای طیف‌سنجی مدرن را نهاد.

۱۸۰۱ میلادی
سیارک‌ها
جوزپه پیاتزی (۱۸۲۶ ـ ۱۷۴۶) اخترشناسی ایتالیایی بود که موفق شد جرم جدیدی را، که به نظر یک سیاره می‌آمد، در مداری میان مریخ و مشتری کشف کند. او این جرم را سِرِس نامید. ویلیام هرشل با محاسبات خود قطر این سیاره‌ی جدید را فقط ۳۲۰ کیلومتر تخمین زد که به اندازه‌ی یک سیاره نبود. به همین سبب، نام سیارک را برای چنین جرم‌هایی پیشنهاد کرد. اندکی بعد از آن، جرم‌های مشابه بیش‌تری در این ناحیه کشف شد. امروز می‌دانیم که قطر سرس حدود ۹۵۰ کیلومتر است و باز هم بسیار کوچک‌تر از آن است که سیاره باشد.

۱۸۱۴ میلادی
خطوط فرانهوفر
یوزف فون فرانهوفر با ساخت نخستین طیف‌سنج دقیق، آن‌را برای بررسی نور خورشید به‌کار برد. او صدها خط نازک تیره را در طیف خورشید کشف و ثبت کرد. در سال ۱۸۵۹، ارتباط این خطوط با عناصر شیمیایی جوّ خورشید مطرح شد و از آن پس طیف‌سنجی به ابزاری کارآمد برای بررسی ماهیت ستاره‌ها و مواد سازنده‌ی آن‌ها تبدیل شد.

۱۸۳۸ میلادی
اختلاف منظر ستاره‌ای
فردریش بِسِل با موفقیت از روش تفاوت منظر ستاره‌ای (اثر گردش زمین به دور خورشید بر دید ما از موقعیت ستاره‌ها) برای تعیین فاصله‌ی ستاره‌ی نزدیک ۶۱ـ دجاجه، نخستین ستاره به‌جز خورشید که فاصله‌ی آن از ما مشخص می‌شد، استفاده کرد. بِسِل پیش‌گام اندازه‌گیری‌های صحیح موقعیت ستاره‌ها بود و اختلاف منظر ستاره‌ای قالبی جدید را برای تغییر ابعاد کیهان به‌وجود آورد.

۱۸۴۳ میلادی
چرخه‌ی لکه‌های خورشیدی
هاینریش شوابه (۱۸۷۵ ـ ۱۷۸۹)، اخترشناس آماتور آلمانی که ۱۷ سال به بررسی خورشید پرداخته بود، کشف خود را مبنی بر وجود چرخه‌ای منظم در تعداد لکه‌های خورشیدی منتشر کرد. این نخستین سر نخ به ساختار داخلی خورشید بود.

۱۸۴۵ میلادی
تلسکوپ‌های بزرگ
اخترشناس ایرلندی، لُرد راس، نخستین نمونه از تلسکوپ‌های غول‌پیکر جهان را با آینه‌ای اصلی به قطر ۱۸۰ سانتی‌متر ساخت. او از این ابزار برای رصد و طراحی سحابی‌ها استفاده می‌کرد و در ظرف چند ماه، متوجه ساختار مارپیچی جرمی شد که امروز به نام کهکشان گردابی می‌شناسیم.

۱۸۴۵ میلادی
عکاسی نجومی
پنج سال پس از نخستین عکس‌های آماتوری با تلسکوپ از قرص ماه (سال ۱۸۴۰)، فیزیک‌دانان فرانسوی ژان فوکو (۱۸۶۸ ـ ۱۸۱۹) و آرمان فیزو (۱۸۹۶ ـ ۱۸۱۹)، نخستین عکس را با جزئیات زیاد از سطح خورشید، با یک تلسکوپ تهیه کردند. این عکس اعلام تولد عکاسی علمی نجومی بود. پس از ۵ سال، اخترشناسان تصاویر دقیقی از سطح ماه تهیه کردند. فیلم‌های عکاسی اولیه آن‌قدر حسّاس نبود که نور ستاره‌ها را نیز ثبت کنند.

۱۸۴۶ میلادی
نپتون
اخترشناس آلمانی، یوهان گوتفرید گاله (۱۹۱۰ ـ ۱۸۱۲) سیاره‌ی جدیدی یافت که نپتون نامیده شد. او اولین کشف را هنگام جست‌وجو در ناحیه‌ای به‌دست آورد که اوربَن لووریه پیش‌بینی کرده بود. لووریه فرانسوی محل و ابعاد این سیاره را از اثر گرانشی که بر مدار اورانوس می‌گذاشت، محاسبه کرده بود. ریاضی‌دانی انگلیسی به نام جان کوچ آدافر (۱۸۹۲ ـ ۱۸۱۹) نیز یک سال پیش از آن، محاسبات مشابهی انجام داده بود.

۱۸۶۸ میلادی
عنصری در خورشید
هنگام یک خورشیدگرفتگی کلی، توجه اخترشناسان به خط طیفی نشری درخشان جدیدی در جوّ خورشید جلب شد. خط نشری هنگام گرم شدن و با تابش عناصر ایجاد می‌شود. اخترشناس انگلیسی، نورمَن لاکیر (۱۹۲۰ ـ ۱۸۳۶)، اعلام کرد این عنصر روی زمین وجود ندارد و آن‌را هلیوم نامید که برگرفته از کلمه‌ی یونانی خورشید است. تقریباً ۳۰ سال بعد، عنصر هلیوم روی زمین کشف شد.

۱۸۷۲ میلادی
طیف ستاره‌ها
هِنری درپیر (۱۸۸۲ ـ ۱۸۳۷)، اخترشناس آمریکایی، نخستین عکس را از طیف یک ستاره (ستاره‌ی نسرواقع) گرفت. او توانست با مشخص کردن خطوط جذبی، ساختار شیمیایی جوّ آن‌را آشکار کند. با کمک طیف‌نگاری، اخترشناسان به کلید مهمی برای درک تحول ستاره‌ها دست یافتند. ویلیام هاگینز از بررسی خطوط جذبی طیف به اندازه‌گیری انتقال به سرخ و انتقال به آبی ستاره‌ها پرداخت که بر مبنای اثر دوپلر، راهی برای درک میزان سرعت حرکت ستاره‌ها بود.

۱۸۹۵ میلادی
موشک‌ها
کنستانتین تسیلکوفسکی (یا سالکوفسکی) نخستین مقاله‌ی خود را درباره‌ی امکان پروازهای فضایی منتشر کرد. بزرگ‌ترین یافته‌ی این نابغه‌ی روس، این بود که موشک‌ها، برخلاف سایر پیش‌رانه‌ها، در وضعیت خلأ نیز کار می‌کنند. او اصول اولیه‌ی پرتاب‌گرهای چند مرحله‌ای را نیز تدوین کرد.

۱۹۰۱ میلادی
رده‌بندی طیفی
هنری درپیر فهرست ستاره‌ای خود را، که جامع‌ترین اطلاعات آن‌روز را داشت، منتشر کرد. در این فهرست، آنی جامپ کانُن روشی را برای طبقه‌بندی ستاره‌ها بر مبنای خطوط جذبی طیف آن‌ها ارائه داده بود که مبنای رده‌بندی طیفی اخترفیزیک امروز است.

۱۹۰۶ میلادی
قدر ستاره‌ها
آینار هرتسپرونگ استانداردی را برای اندازه‌گیری میزان درخشش حقیقی یک ستاره (قدر مطلق) بنیان نهاد. او نشان داد که در ۹۰درصد از ستاره‌های کهکشان راه شیری، رابطه‌ای میان قدر مطلق و رنگ ستاره وجود دارد. در سال ۱۹۱۳، هنری راسل نموداری منتشر کرد که این رابطه را به نمایش می‌گذاشت. اخترشناسان درباره‌ی این موضوع که نمودار نشان‌دهنده‌ی خط سیر تحول ستاره‌هاست، هم‌نظر بودند. اما درباره‌ی جهت پیش‌رفت این خط سیر، اختلاف نظر داشتند. سرانجام، آرتور ادینگتون در سال ۱۹۲۴ به این مباحثه‌ها پایان داد.

۱۹۱۶ میلادی
سیاه‌چاله‌ها
کارل شوارتزشیلد (۱۹۱۶ ـ ۱۸۷۳)، اخترشناس آلمانی، از نظریه‌ی نسبیت عام انیشتین سود جُست تا پایه‌های نظریه‌ی سیاه‌چاله‌ها را بنا نهد. بر اساس نظر او، اگر ستاره‌ای آن‌قدر به رمبش ادامه دهد که از اندازه‌ای مشخص بگذرد، گرانش آن به حدی افزایش خواهد یافت که اجازه‌ی فرار هیچ نوع تابشی را نمی‌دهد.

۱۹۲۳ میلادی
کهکشان‌ها
ادوین هابل متغیری قیفاووسی را در «سحابی مسلسله» کشف و ثابت کرد که مسلسله یا آندرومدا و برخی از سحابی‌های شناخته شده در آن زمان، خود کهکشان‌هایی در فراسوی راه شیری‌اند. در سال ۱۹۲۵، او روشی را برای طبقه‌بندی کهکشان‌ها ارائه داد.

۱۹۲۶ میلادی
موشک‌ها
رابرت گادرد نخستین موشک سوخت مایع را با موفقیت پرتاب کرد. او امکان کار کردن موشک‌ها در خلأ را نیز اثبات کرد. نمونه‌های بعدی موشک‌های او نخستین بار دیوار صوتی را شکستند.

۱۹۳۰ میلادی
ستاره‌های کوتوله
سوبرامانیان چاندراسکار، به کمک ایده‌های تازه‌ای که از فیزیک ذرات اتمی گرفته بود، پیش‌بینی کرد که در کوتوله‌های سفیدی که بیش از ۱/۴۴ برابر خورشید جرم دارند، اتم‌ها فرومی‌ریزند و باعث می‌شوند ستاره ناگهان و به شدت بر خود فروبریزد. در سال ۱۹۳۳، والتر باده و فریتز زوییکی توضیح دادند که ستاره‌های نوترونی حاصل از این فروریزش، با تولّد خود سبب نوعی انفجار اَبَرنواختری می‌شوند.

۱۹۲۹ میلادی
قانون هابل
ادوین هابل کشف کرد که کیهان در حال انبساط است و نقاط دورتر عالم با سرعت بیش‌تری از ما دور می‌شوند. دو سال بعد، ژرژ لومتر نظر داد که این انبساط را می‌توان با ادامه دادن در جهت معکوس زمانی به یک نقطه‌ی ابتدایی، مهبانگ یا انفجار بزرگ، رساند.

۱۹۳۰ میلادی
پلوتون
کلاید تومبا سیاره‌ی پلوتون را در رصدخانه‌ی لاوِل در آریزونای آمریکا کشف کرد. این سیاره آن‌قدر کم‌سو بود و چنان سرعت کمی داشت که فقط با مقایسه‌ی عکس‌هایی با فاصله‌ی چند شب می‌شد متوجه حضور آن شد.

۱۹۳۲ میلادی
اخترشناسی رادیویی
کارل جانسکی نخستین امواج رادیویی از فضا را ثبت کرد. در سال ۱۹۴۲، امواج رادیویی خورشید آشکار شد و ۷ سال بعد، اخترشناسان رادیویی نخستین منابع رادیویی دوردست را در سحابی خرچنگ و کهکشان‌های قنطورس A و M87 شناسایی کردند.

۱۹۳۸ میلادی
انرژی ستاره‌ای
فیزیک‌دان آلمانی، هانس بته (۲۰۰۵ ـ ۱۹۰۶)، به توضیح فرآیند تولید انرژی در ستاره‌ها پرداخت. او مجموعه‌ای از فرآیندهای هم‌جوشی هسته‌ای را شرح داد که باعث تبدیل هیدروژن به هلیوم و تولید میزان هنگفتی انرژی در هسته‌ی ستاره‌ها می‌شد. این فرآیند هیدروژن ستاره را به آهستگی مصرف و امکان ادامه‌ی حیات ستاره را تا میلیاردها سال امکان‌پذیر می‌کند.

۱۹۴۴ میلادی
موشک ۲ ـ V
گروهی از دانشمندان آلمانی به رهبری ورنر فون براون، موشک ۲ ـ V را تکمیل کردند که نخستین سلاح پرتابه‌ای (بالستیکی) با پیش‌ران موشکی بود. مهندسان و دانشمندان گروه فون براون در پایان جنگ دوم جهانی از سوی آمریکا و روسیه دستگیر شدند. با انتقال آن‌ها به این دو کشور، برنامه‌های فضایی روسیه و آمریکا رشد کرد.

۱۹۵۷ میلادی
آغاز مسابقه‌ی فضایی
روسیه نخستین ماهواره‌ی خود را به نام اسپوتنیک ۱ به مدار فرستاد که آغازگر عصر فضا بود. آمریکا نخستین ماهواره‌ی خود را به نام اکسپلورر ۱، ۴ ماه بعد به مدار زمین فرستاد.

۱۹۵۹ میلادی
کاوش‌گرهای ماه
روسیه و آمریکا کاوش‌گرهایی را به سوی ماه فرستادند؛ اما کاوش‌گرهای پایونیر ناسا به‌کلی از دست رفتند و شکست خوردند. در حالی که برنامه‌ی لونای روس‌ها بسیار موفقیت‌آمیزتر از آب درآمد. در سپتامبر همان سال، لونا ۲ به روش برخوردی بر سطح ماه فرودآمد و لونا ۳ نخستین تصاویر را در ماه اکتبر از پشت ماه به زمین فرستاد.

۱۹۶۱ میلادی
انسان در فضا
روسیه بار دیگر در رقابت‌های فضایی پیش‌تاز شد و توانست در ماه آوریل، یوری گاگارین را به مدار زمین بفرستد تا اولین انسانی باشد که به فضا رفته است. فضانورد آمریکایی، آلن شپارد، یک ماه بعد نخستین آمریکایی‌ای بود که به فضا رفت؛ اما در مدار زمین قرار نگرفت. در سال ۱۹۶۲، جان گلن نخستین آمریکایی بود که توانست به مدار زمین برود.

۱۹۶۲ میلادی
کاوش‌گرهای سیاره‌ای
مارینر ۲ نخستین فضاپیمای کاوش‌گری بود که به سیاره‌ای دیگر رسید و در ماه دسامبر، از نزدیک زهره عبور کرد. ناسا این برنامه را با مأموریت موفقیت‌آمیز کاوش‌گر مارینز ۴ به مقصد مریخ در سال ۱۹۶۵ ادامه داد. در ادامه‌ی دهه‌های ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ روسیه و آمریکا برنامه‌ی اعزام کاوش‌گرهای فراوانی را به سیاره‌های گوناگون ادامه دادند.

۱۹۶۳ میلادی
اختروش‌ها
اخترشناس آمریکایی ـ هلندی، مارتن اشمیت (۱۹۲۹)، طیف اختروش‌ها را ثبت کرد. اختروش‌ها منابع رادیویی ستاره‌مانندی هستند که در سال ۱۹۶۰ کشف شده‌اند. او با این بررسی‌ها نشان داد که اختروش‌ها احتمالاً کهکشان‌های فعال و تقریباً دورترین جرم‌های عالم به ما هستند.

۱۹۶۵ میلادی
مهبانگ
آرنو پنزیاس و رابرت ویلسون اعلام کردند که موفق به کشف علائم رادیویی ضعیفی شده‌اند که از همه سوی آسمان به‌طور یکسان به ما می‌رسد. محاسبات دانشمندان مشخص کرد که این تابش باید ناشی از جسمی به دمای ۲۷۰ـ درجه‌ی سانتی‌گراد باشد. خیلی زود مشخص شد که این تابش بازمانده‌ای از تابش بسیار گرم حاصل از مهبانگ است که حدود ۱۴میلیارد سال پیش به احتمال باعث تولد کیهان شده است.

۱۹۶۶ میلادی
فرود بر سطح ماه
مأموریت لونا ۹ روسیه در ماه ژانویه موفق شد نخستین فرود موفقیت‌آمیز و آرام را بر سطح ماه انجام دهد. آمریکا سوررویر ۱ را با عملیاتی پیچیده‌تر در ماه مِه بر سطح ماه نشاند. مأموریت‌های سوررویر، که در پی برنامه‌ی رنجرهای ناسا (که فرود برخوردی بر ماه را در دستور داشتند) شکل می‌گرفت، قرار بود محل‌های مناسب برای فرود احتمالی انسان را مشخص کنند.

۱۹۶۷ میلادی
تپ‌اخترها
جاسلین بل برنل و آنتونی هویش نخستین تپ‌اختر را کشف کردند؛ جرمی که تابش‌های رادیویی به صورت تپ‌های بسیار منظمی ارسال می‌کند. تپ‌اخترها سرانجام ستاره‌های نوترونی‌ای شناخته شدند که بسیار سریع می‌چرخند و میدان مغناطیسی بسیار شدیدی دارند. ستاره‌های نوترونی بقایای انفجار اَبَرنواختری هستند.

۱۹۶۹ میلادی
آپولو ۱۱
آمریکا مسابقه‌ی فضایی به سوی ماه را، در ۲۱ ژوییه، زمانی که نیل آرمسترانگ قدم به خاک ماه گذاشت، به سود خود خاتمه

داد. این مأموریت با ۵ مأموریت مه‌نشین دیگر ادامه پیدا کرد که در سه مورد آن‌ها خودروهای مه‌نورد به ماه برده شد.

۱۹۷۰ میلادی
اخترشناسی پرتو ایکس
ماهواره‌ی اوهورو، که برای نقشه‌برداری آسمان در طول موج پرتو ایکس طراحی شده بود، از سوی ناسا به مدار زمین فرستاده شد. پیش از آن، وجود تابش‌های پرتو ایکس خورشید و چند ستاره‌ی دیگر با کمک برخی آزمایش‌ها با بالن و موشک‌های تحقیقاتی تأیید شده بود. اما ماهواره‌ی اوهورو بیش از ۳۰۰ منبع تابش پرتو ایکس کشف کرد که برخی از آن‌ها نامزدهای احتمالی سیاه‌چاله‌ها بودند.

۱۹۷۱ میلادی
ایستگاه‌های فضایی
روسیه نخستین ایستگاه فضایی خود، سالیوت ۱، را به مدار زمین فرستاد. این برنامه با ارسال تعداد دیگری از ایستگاه‌های فضایی ادامه پیدا کرد تا به نقطه‌ی اوج خود، یعنی ایستگاه فضایی میر، در سال ۱۹۸۶ رسید. این ایستگاه‌ها در فضا به کیهان‌نوردان امکان می‌داد آزمایش‌هایی را در مدار زمین انجام دهند و رکوردهایی از اقامت در فضا به‌دست آورند.

۱۹۷۵ میلادی
ملاقات با سیاره‌ها
کاوش‌گر روسی وِنِرا ۹ بر سطح سیاره‌ی زهره فرود آمد و نخستین تصاویر را از سطح این سیاره به زمین فرستاد. نخستین کاوش‌گری که با موفقیت بر سطح سیاره‌ای دیگر فرود آمد، وِنِرا ۷ در سال ۱۹۷۰ بود. اما دوربینی همراه نداشت. هر دو کاوش‌گر یک ساعت در وضعیت دشوار و فشار فوق‌العاده‌ی جوّی زهره دوام آوردند و سپس زیر فشار خُرد شدند.

۱۹۷۶ میلادی
کاوش‌گرهای وایکینگ
دو کاوش‌گر فضایی آمریکایی به مریخ رسیدند. مأموریت وایکینگ‌ها شامل یک مدارگرد بود که به عکاسی از سطح سیاره از بالا می‌پرداخت. یک سطح‌نشین هم با فرود بر سطح، ساختارهای سنگی و جست‌وجوی (البته بدون موفقیت) حیات مریخی را بررسی می‌کرد.

۱۹۷۷ میلادی
وُیجِرها
ناسا دو کاوش‌گر ویجر را برای ملاقات با سیاره‌های بیرونی به فضا فرستاد. ویجرها اطلاعات علمی و تصاویری از مشتری و زحل به زمین فرستادند و پیش از آن‌که از قلمرو سیاره‌ای منظومه‌ی شمسی خارج شوند، ویجر ۲ نخستین کاوش‌گری شد که به ملاقات اورانوس و نپتون رفت.

۱۹۸۱ میلادی
شاتل فضایی
کلمبیا، نخستین نمونه از شاتل‌های فضایی قابل استفاده‌ی مجدد ناسا، نخستین پرواز خود را انجام داد. شاتل‌های فضایی، که ۱۰ سال صرف تکمیل و ساخت آن‌ها شده بود، سفرهای فضایی را به رویه‌ای معمول تبدیل کردند و حتی راه‌های جدیدی برای ساخت نسل بعدی ایستگاه‌های فضایی گشودند.

۱۹۸۳ میلادی
اخترشناسی پرتو فروسرخ
نخستین ماهواره‌ی تخصصی اخترشناسی فروسرخ، IRAS (ایراس)، به فضا پرتاب شد. این ماهواره به کمک هلیوم مایع در وضعیتی بسیار خنک نگه‌داشته می‌شد. این ماهواره، تا زمانی که ذخیره‌ی هلیوم آن به پایان برسد، ۳۰۰ روز فعالیت کرد. ایراس در این مدت نقشه‌برداری ۹۸درصد از کل آسمان را در طول موج فروسرخ به پایان رساند.

۱۹۸۶ میلادی
فاجعه‌ی چِلِنجر
برنامه‌ی فضایی ناسا پس از انفجار شاتل فضایی چلنجر و مرگ ۷ فضانورد آن، که اندکی پس از پرتاب رخ داد، به تعویق افتاد. تحقیقات و رسیدگی به دلایل این انفجار و بازسازی و رفع نقص بقیه‌ی ناوگان شاتل‌ها باعث شد تا آن‌ها سه سال زمین‌گیر شوند.

۱۹۸۶ میلادی
کاوش‌گرهای دنباله‌دارها
بازگشت دنباله‌دار هالی با کاروانی از ۵ کاوش‌گر روسی، ژاپنی و اروپایی خوش‌آمد گفته شد. چشمگیرترین این مأموریت‌ها، کاوش‌گر اروپایی جیوتو بود که از میان گیسوی دنباله‌دار عبور و از هسته‌ی آن تصویر تهیه کرد.

۱۹۸۷ میلادی
اَبَرنواختر ماژلان
پُرنورترین اَبَرنواختر دیده شده طی حدود چهار قرن در کهکشان اقماری راه شیری، ابر بزرگ ماژلان، ظاهر شد. بررسی این اَبَرنواختر تا امروز، که به سحابی کوچک در حال انبساطی تبدیل شده، کمک بزرگی به رشد دانش اخترشناسان از تحول ستاره‌های پُرجرم کرده است.

۱۹۹۰ میلادی
ماژلان
کاوش‌گر ماژلان، که از سوی ناسا به فضا رفته بود، به زهره رسید و ۳ سال به نقشه‌برداری رادیویی از آن پرداخت. ماژلان نخستین کاوش‌گر از نسل جدیدی از کاروان کاوش‌گرهایی مانند گالیله و کاسینی بود که به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۴ به ملاقات مشتری و زحل رفتند.

۱۹۹۰ میلادی
تلسکوپ فضایی
تلسکوپ فضایی هابل، نخستین تلسکوپ فضایی نوری بزرگ، به وسیله‌ی شاتل فضایی و فضانوردان آن در مدار قرار گرفت. اما اخترشناسان خیلی زود متوجه شدند نقص فنی کوچکی در آینه‌ی اصلی مانع فعالیت مفید هابل می‌شود. مأموریت تعمیر پیچیده‌ای در سال ۱۹۹۳ به این تلسکوپ امکان داد ثبت تصاویر شگفت‌انگیز و ثمربخش را از ستاره‌های دوردست، سحابی‌ها و کهکشان‌ها آغاز کند.

۱۹۹۲ میلادی
اُفت و خیزهای کیهانی
ماهواره‌ی کاوش‌گر زمینه‌ی کیهانی (کوبی COBE) نقشه‌ی دقیقی از تابش‌های باقی‌مانده از مهبانگ، که در پس‌زمینه‌ی کیهان وجود دارد، تهیه کرد. این نقشه ناهم‌سانی و افت و خیزهایی را نشان می‌دهد که حاصل تغییرات کوچکی در چگالی و پراکندگی جرم در عالم اولیه و نطفه‌ی کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی است.

۱۹۹۲ میلادی
تلسکوپ کک
تلسکوپ ۱۰ متری کِک، بر فراز قله‌ی موناکی در هاوایی، تکمیل شد. این مهم‌ترین نمونه‌ی اولیه از نسل جدید و انقلابی اپتیک‌ها بود که ساخته می‌شد. آینه‌ی اصلی کِک از ۳۶ قطعه‌ی شش‌گوش تشکیل شده که جهت آن‌ها با کمک رایانه‌ها تنظیم می‌شود. این تلسکوپ‌های نسل جدید قابلیت تداخل‌سنجی نوری نیز دارند که قادر به ترکیب نور تلسکوپ‌های متفاوت برای رسیدن به تفکیکی بالاتر از توان هر تلسکوپ مستقل است.

۱۹۹۴ میلادی
برخورد دنباله‌دار
دنباله‌داری که در سال ۱۹۹۳ کشف شده بود، بر اثر گذر از نزدیکی مشتری (عبور از حدّ رُش) به ۲۰ تکه تقسیم شد و حدود یک سال پس از کشف، تکه‌های آن با جوّ سیاره‌ی مشتری برخورد کرد و آثار این انفجارها چند هفته‌ای دیده می‌شد. اخترشناسان با تلسکوپ‌های زمینی، تلسکوپ هابل و فضاپیمای گالیله، که در راه مشتری بود، ابرهای عظیم سیاه حاصل از برخورد را مشاهده و آن‌ها را تجزیه و تحلیل کردند.

۱۹۹۵ میلادی
سیاره‌ی فراخورشیدی

میشل مایورو و دیدیه کوئلوز سوئیسی نخستین سیاره‌ی فراخورشیدی قطعی را به دور ستاره‌ای خورشیدمانند در رشته‌ی اصلی به نام ۵۱ ـ اسب بال‌دار (فَرَس) پیدا کردند. آن‌ها شواهد وجود سیاره را در طیف ستاره یافتند؛ روشی که تا امروز روش اصلی جست‌وجوی سیاره‌های فراخورشیدی بوده است. پیش از آن‌ها، در سال ۱۹۹۲ نیز، نشانه‌هایی از وجود سیاره‌ای به دور یک تپ‌اختر پیدا شده بود. از آن زمان تا امروز، حدود ۵۰۰ سیاره‌ی فراخورشیدی شناخته شده است.

۱۹۹۸ میلادی
ایستگاه فضایی بین‌المللی

کار ساخت سازه‌های عظیم ایستگاه جدید فضایی آغاز شد. این پروژه با همکاری چند کشور از جمله رقبای قدیمی عرصه‌ی فضا، آمریکا و روسیه، شکل گرفت. این ایستگاه پس از تکمیل، ابعادی معادل یک زمین فوتبال خواهد داشت و در هر زمان میزبان ۷ فضانورد خواهد بود. به‌علاوه، آزمایشگاه مناسبی برای آزمون‌های ریزگرانشی اخترشناسی، و پژوهش‌های مربوط به کاوش‌های آینده‌ی منظومه‌ی شمسی است.

۱۹۹۹ میلادی
انرژی تاریک

کیهان‌شناسان از مقایسه‌ی فاصله‌ی به‌دست آمده از اَبَرنواخترهای دیده شده در کهکشان‌های بسیار دور با شتاب انبساط کیهان، که در انتقال به سرخ کهکشان‌ها دیده می‌شود، به افزایش شتاب انبساط کیهانی پی بردند. این موضوع وجود انرژی ضد گرانشی را در کیهان مطرح کرد که انرژی تاریک نام گرفت. ماهیت این انرژی هنوز ناشناخته است.

۲۰۰۱ میلادی
اقمار جدید

با روش‌های جدید تصویربرداری، اخترشناسان قمرهای بسیاری در اطراف مشتری و زحل کشف کردند. در این سال ۱۰ قمر جدید برای زحل و ۱۲ قمر برای مشتری پیدا شد و در سال‌های بعد نیز به شمار این اقمار افزوده گشت.

۲۰۰۳ میلادی
فاجعه‌ی کلمبیا

شاتل فضایی کلمبیا، ۲۲ سال پس از نخستین پرواز فضایی، در راه بازگشت به زمین همراه ۷ فضانورد خود در جوّ سوخت. تیرهای نورانی این واقعه در ایالت‌های گوناگون آمریکا دیده شد و تکه‌های شاتل بر زمین ناحیه‌ی گسترده‌ای فروریخت. پس از مدت‌ها تحقیق، دلیل انفجار برخورد تکه‌ای از فوم دور مخزن بیرونی سوخت شاتل به بال فضاپیما در هنگام صعود تشخیص داده شد. این برخورد صدمه‌ای به بال وارد کرده بود که در هنگام برگشت، حادثه آفرید. این فاجعه ۲/۵ سال شاتل‌ها را زمین‌گیر کرد تا مهندسان به دلیل وقوع چنین حوادثی پی ببرند. با وجود ایجاد ایمنی بیش‌تر در پروازهای بعدی شاتل، انفجار کلمبیا دوره‌ی بازنشستگی شاتل‌ها و آغاز کار نسل جدید فضاپیماهای سرنشین‌دار را قطعی کرد.

۲۰۰۴ میلادی
مریخ‌نوردهای دوقلو

جفت مریخ‌نوردهای ناسا در دو سوی مخالف سیاره‌ی سرخ فرود آمدند. کار آن‌ها زمین‌شناسی مریخ، یعنی بررسی خاک و سنگ‌های اطراف محل فرود به دنبال نشانه‌هایی از حضور آب و فعالیت‌های زمین‌شناختی در گذشته‌ی مریخ و شناخت اقلیم سیاره از گذشته تا حال بود. در حالی که عمر مفید هریک از مریخ‌نوردها با توجه به وضعیت سخت محیط سه ماه در نظر گرفته شده بود، تا زمان انتشار این کتاب، آن‌ها بیش از ۶ سال فعالیت کرده‌اند، کیلومترها بر مریخ پیموده‌اند و هزاران عکس بی‌همتا به زمین فرستاده‌اند.

۲۰۰۵ میلادی
کاوش تیتان

کاوش‌گر هویگنس از فضاپیمای مادر خود، کاسینی، در مدار زحل جدا شد تا راهی دیدار با تیتان، بزرگ‌ترین قمر زحل و تنها قمر دارای جوّ غلیظ شود. طی حدود سه ساعت فرود هویگنس، اطلاعات بسیاری از جوّ تیتان، که ساختاری نسبتاً مشابه جوّ زمین دارد، به‌دست آمد. به‌علاوه، نخستین تصاویر واضح از سطح تیتان پیش روی انسان قرار گرفت. هویگنس نشان داد که سطح سرد تیتان محیطی پویا از جریان‌های متان مایع و کوه و صخره‌هایی کوتاه از یخ‌آب است.

۲۰۰۵ میلادی
بزرگ‌تر از پلوتون

اخترشناسان جرمی را در ورای مدار پلوتون و متعلق به کمربند خرده‌سیاره‌های کوییپر، و کمی بزرگ‌تر از پلوتون یافتند که انتظار می‌رفت سیاره‌ی دهم شود. این جرم، که اِریس نام گرفت، اخترشناسان را متقاعد کرد در سال ۲۰۰۶ تعریف جدیدی از سیاره ارائه دهند. طبق آن تعریف، پلوتون، اریس و سرس، که هر سه ظاهری سیاره‌مانند اما ساختار و محیطی متفاوت دارند، به جمع سیاره‌های کوتوله پیوستند و منظومه‌ی شمسی شامل ۸ سیاره‌ی اصلی شد.

۲۰۰۵ میلادی
برخورد ژرف

فضاپیمای دیپ ایمپکت (برخورد ژرف) در کنار هسته‌ی دنباله‌دار تمپل ۱ قرار گرفت و گلوله‌ی آزمایش‌گری را به جرم حدود ۴۰۰ کیلوگرم با شتاب به سوی کوه یخ فضایی رها کرد. فضاپیمایی از یک سو، و تلسکوپ‌های زمینی و فضایی از سوی دیگر، ابر و درخشش حاصل از انفجار را زیر نظر گرفتند تا اسرار بیش‌تری از دنباله‌دارها فاش شود.

۲۰۰۶ میلادی
نقشه‌برداری ماده‌ی تاریک

کیهان‌شناسان در خوشه‌ی کهکشانی دوردستی نشانه‌ی قطعی و دقیق ماده‌ی تاریک را یافتند و نخستین بار از توزیع آن نقشه‌برداری کردند. از آن‌جا که ماده‌ی تاریک در هیچ طول موجی دیده نمی‌شود، اخترشناسان اثر گرانشی این ماده را بر نور کهکشان‌های زمینه بررسی کردند. در سال ۲۰۰۷ نیز با این روش ماده‌ی تاریک خوشه‌ی کهکشانی دیگری بررسی شد و حتی برای نخستین بار، نقشه‌ای سه بعدی از توزیع ماده‌ی تاریک در بخشی از کیهان به‌دست آمد.

۲۰۰۸ میلادی
بزرگ‌ترین شتاب‌گر ذرات

شتاب‌گر بزرگ هادرون (LHC)، بزرگ‌ترین دستگاه روی زمین، از سوی مؤسسه‌ی سرن و در نتیجه‌ی سال‌ها همکاری ۱۰هزار دانشمند و متخصص از حدود ۱۰۰ کشور، ۱۷۵ متر زیر زمین در مرز سوئیس و فرانسه به‌راه افتاد. کار LHC با تونل‌هایی به مجموع ۲۷ کیلومتر و شامل بیش از ۹هزار آهن‌ربای عظیم، ایجاد میدان مغناطیسی بسیار قوی برای شتاب‌دادن به ذرات پروتون تا بسیار نزدیک به‌سرعت نور است. LHC با ایجاد میلیون‌ها برخورد شدید میان پروتون‌های شتاب‌گرفته، رازهای ذرات بنیادی عالم را جست‌وجو می‌کند که پیش‌بینی می‌شود هم در فیزیک و هم در کیهان‌شناسی (شناخت ما از وضعیت پیدایشِ عالم و وضعیت امروز و آینده‌ی آن) تحولی ایجاد کند.

۲۰۰۹ میلادی
سال جهانی نجوم

انجمن بین‌المللی نجوم و بخش آموزشی سازمان ملل (یونسکو)، چهارصدمین سال‌گرد تلسکوپ گالیله (و آغاز اخترشناسی جدید) را سال جهانی نجوم نامید. به کوشش مراکز نجوم و اخترشناسان آماتور و حرفه‌ای در سراسر جهان، برنامه‌های گسترده‌ای برای ترویج نجوم میان مردم و رشد آموزشی این دانش ترتیب داده شد و پروژه‌های جهانی متعددی آغاز گردید. طبق آمار، این سال بزرگ‌ترین فعالیت جهانی در ترویج نجوم بود.

۲۰۰۹ میلادی
آب در ماه

بررسی آثار برخورد موشک فضاپیمای LCROSS با قطب جنوب ماه، شواهد قبلی مبنی بر وجود یخ‌آب در بستر همیشه در سایه‌ی گودال‌های قطبی ماه را تأیید کرد که منبع ارزش‌مندی برای اکتشاف‌های آینده‌ی انسان در ماه است.

نام‌آوران نجوم و فضا

اِئودوکسوس اهل شنیدوس

۳۵۵ - ۴۸۰ ق.م.

این اخترشناس و ریاضی‌دان یونانی، مدلی از منظومه‌ی شمسی برمبنای مرکز بودن زمین و حرکت سیاره‌های دیگر به دور آن، ارائه داد که در آن، سیاره‌ها را کره‌های شفافی در مسیر خود نگه می‌داشتند. این کره‌های شفاف یا فلک‌ها، به گونه‌ای درون هم قرار داشتند که محور هر فلک، به فلک محیط بر آن متصل بود. با این مدل می‌شد حرکت سیاره‌ها را برای ناظر زمینی توضیح داد. اما نمی‌شد با آن تغییر روشنایی و فاصله‌ی میان زمین و سیاره‌ها را شرح داد. این نظریه بعد از چند قرن، جای خود را به مدل زمین‌مرکزی بطلمیوس داد.

آریستارخوس ساموسی

۲۵۰ - ۳۱۰ ق.م.

اخترشناس یونانی که با استفاده از هندسه، فاصله‌ی زمین تا ماه و زمین تا خورشید را تخمین زد. او به کمک این روش، فاصله‌ی خورشید تا زمین را ۲۰ برابر فاصله‌ی ماه تا زمین برآورد کرد (که در حقیقت، این فاصله ۴۰۰ برابر است). او با توجه به این موضوع که خورشید ۷ بار بزرگ‌تر از زمین است (این عدد هم در حقیقت ۱۰۹ برابر است) نتیجه گرفت که زمین باید دور خورشید بگردد. این نظریه، ۱۸ قرن پیش از پذیرش عمومی نظریه‌ی خورشیدمرکزی بود.

اراتوستِن اهل سیرن

۱۹۲ - ۲۷۳ ق.م.

دانشمند مصری یونانی که شعاع زمین را محاسبه کرد. او در شمال آفریقا متولد شد و تحصیلات خود را در آتن به انجام رساند. سپس کتاب‌دار کتاب‌خانه‌ی عظیم اسکندریه و معلم شخصی بطلمیوس سوم، پادشاه مصر، شد. او در کنار فعالیت‌های بسیار خود، جغرافیادانی ماهر بود که انحنای کره‌ی زمین را با اندازه‌گیری طول سایه‌ی ایجاد شده در دو منطقه به فاصله‌ی ۹۵۰ کیلومتر از هم، محاسبه کرد. بر مبنای محاسبات او، محیط زمین ۴۶/۵۰۰ کیلومتر بود که در حقیقت این عدد در مورد دایره‌ی استوایی ۴۰/۰۷۵ کیلومتر است.

اَبَرخُس

حدود ۱۲۰ - ۱۹۰ ق. م.

اخترشناس یونانی که به سبب اختراع نوع جدیدی از زاویه‌سنج‌ها و استفاده از آن در ثبت موقعیت ۸۵۰ ستاره، معروف شده است. او فهرستی ستاره‌ای تهیه کرد که تا ۱۸ قرن پس از او، هنوز مورد استفاده بود. ابرخس ستاره‌ها را بر مبنای روشنایی ظاهری آن‌ها در آسمان طبقه‌بندی کرد. این طبقه‌بندی، پایه‌ای برای مقیاس قدر ستاره‌ها بود که امروزه نیز کاربرد دارد. محور چرخش سیاره‌ی ما دارای حرکتی مانند حرکت محور فرفره در حال ایستادن است که حرکت تقدیمی نام دارد. ابرخس سرعت تغییرات موقعیت این محور را اندازه گرفت و به اندازه‌گیری تغییر فاصله‌ی زمین و خورشید در طول یک سال پرداخت.

بطلمیوس

حدود ۱۶۸ - ۹۰ میلادی

اخترشناس مصری عقاید اخترشناسی یونان باستان و نتایج مشاهدات و نظرهای خود را در کتاب مجسطی ثبت کرد. کارهای اخترشناسی بطلمیوس تا قرن هفدهم، جهان اخترشناسی را در سیطره‌ی خود داشت. نوشته‌های او بر مبنای کارهای اَبَرخُس و دیگران بود؛ اما خودش هم رصدهای بسیاری به آن‌ها افزود. کتاب او مبنای تحقیقات بسیاری از منجمان مسلمان شد. بطلمیوس گمان می‌کرد زمین کره‌ای کامل و در مرکز کیهان است و ۷ گوی شفاف، که هر یک، یکی از جرم‌های سماوی را، برمبنای سرعتی که در آسمان داشتند، حمل می‌کنند، احاطه‌اش کرده‌اند. این ۷ فلک شامل ماه، عطارد، زهره، خورشید، مریخ، مشتری و زحل بودند. فلک هشتم نیز همه‌ی ستاره‌ها را شامل می‌شد. او سامانه‌ی ریاضی‌واری ابداع کرد که حرکت سیاره‌ها را، با وجود نادرستی مبنای تصور او، پیش‌بینی می‌کرد. همچنین طول و عرض جغرافیایی بسیاری از نقاط زمین را تعیین کرد و نقشه‌هایش آن‌قدر خوب بود که کریستف کلمب از آن‌ها استفاده کرد.



عبدالرحمن صوفی رازی

۹۸۶ - ۹۰۴ میلادی / ۳۷۶ - ۲۹۱ هجری قمری

اخترشناس و ریاضی‌دان ایرانی متولّد ری در قرن چهارم هجری که در دوران دیلمیان در شیراز زندگی می‌کرد و بیش‌تر رصدهای خود را آن‌جا انجام داد. او را بزرگ‌ترین منجم رصدگر پس از بطلمیوس می‌دانند. کتاب مجسطی بطلمیوس را ترجمه و اشتباهاتی در رصدهای او را تصحیح کرد. سپس کتاب صورالکواکب خود را نوشت که راهنمای آشنایی با آسمان شب است. این فهرست ستاره‌ای تا قرن‌ها از منابع اصلی کار منجمان بود و حتی هنوز هم در بررسی‌های تاریخی ستاره‌ها، به آن رجوع می‌شود. صوفی پیش‌رو ثبت جرم‌های غیر ستاره‌ای و سحابی‌مانند آسمان بود. نخستین بار کهکشان مسلسله (آندرومدا) و خوشه‌ی چوب‌لباسی (خوشه‌ی صوفی) و ابر بزرگ ماژلان را ثبت کرد. او علاوه بر شیراز، در ری و بغداد نیز به پژوهش و رصد پرداخت و تصور می‌شود در شیراز و ری رصدخانه‌هایی برای کار او بنا شده بود. مجموعه‌ی دهانه‌های صوفی (AZOPHI) روی ماه به نام او نام‌گذاری شده است.



ابوریحان بیرونی

۱۰۴۸ - ۹۷۳ میلادی / ۴۴۰ - ۳۶۳ هجری قمری



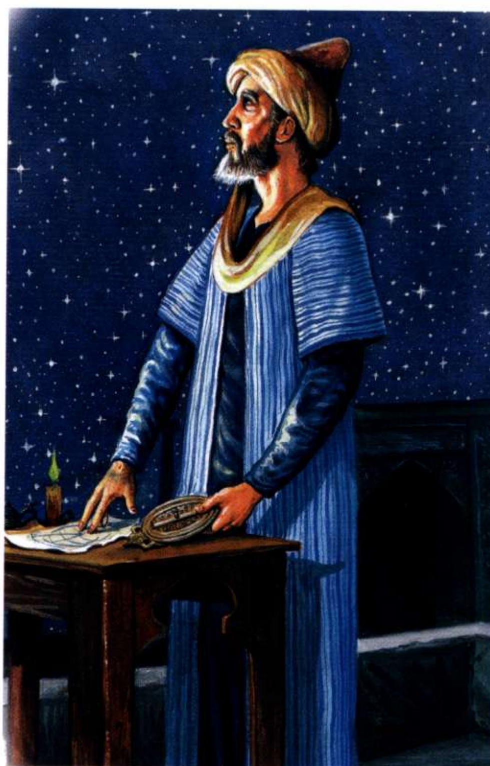
بیرونی را بسیاری علامه‌ی دهر ایرانی قرن چهارم و پنجم هجری قمری می‌دانند که علاوه بر اخترشناسی، در ریاضی، فیزیک، فلسفه، تاریخ، طب و داروسازی نیز دانش کسب کرده و در اثر سفرهای بسیار، فردی جهان‌دیده بود. بیرونی در خوارزم به دنیا آمد که آن زمان، در قلمرو سامانیان و امروز در خاک ازبکستان است. بیرونی را برخی استاد جاوید خوانده‌اند و نام بیرونی بر دانشگاه‌ها، کتاب‌خانه‌ها و مراکز علمی - فرهنگی در گوشه و کنار جهان دیده می‌شود. او گردش روزانه و سالانه‌ی خورشید در آسمان، چرخش محوری زمین، جهات جغرافیایی، عرض جغرافیایی خوارزم و قطر کره‌ی زمین را در کارهای خود به‌دقت بررسی و محاسبه کرد. خورشیدگرفتگی کلی سال ۱۰۱۹ میلادی را در کوه‌های لغمان (افغانستان کنونی) و ماه‌گرفتگی کلی همان سال را در غزنه رصد و ثبت کرد. حتی برای مشاهده‌ی خورشیدگرفتگی ابزاری نوآورانه ساخت. ۱۴۶ کتاب و رساله از او برجای مانده است که مهم‌ترین آن‌ها کتاب التفهیم در زمینه‌ی ریاضیات و نجوم، آثار الباقیه در زمینه‌ی تاریخ و جغرافیا و قانون مسعودی است که دانش‌نامه‌ای به نامِ مسعود غزنوی، حاکم وقت و حامی فعالیت‌های اوست. کتابی درباره‌ی تاریخ، جغرافیا و فرهنگ هندوستان نیز از او مانده است. بیرونی معاصر ابوعلی‌سینا بود و با او مکاتبه و تبادل نظر داشت. دهانه‌ای بر سطح ماه به نام بیرونی است.

عمر خیام نیشابوری

۱۱۳۱ - ۱۰۴۸ میلادی / ۵۲۵ - ۴۴۰ هجری قمری

ریاضی‌دان، فیلسوف، اخترشناس و شاعر قرن پنجم و ششم هجری قمری که رساله‌ی او در جبر و ریاضی، یکی از مهم‌ترین آثار این رشته پیش از دوران مدرن است. تحول در تقویم خورشیدی ایران و آغاز کبیسه‌گیری‌های دقیق برای نگه‌داشتن دقت تقویم را به او نسبت می‌دهند.

جلال‌الدین ملکشاه سلجوقی، خیام را به اصفهان دعوت کرد تا در رصدخانه‌ای ساکن شود که گفته می‌شود چندین سال محل پژوهش‌های خیام بود.



غیاث‌الدین جمشید کاشانی

۱۴۲۹ - ۱۳۸۰ میلادی / ۸۳۲ - ۷۸۲ هجری قمری

اخترشناس و ریاضی‌دان قرن نهم قمری که او را از نوابغ تاریخ ریاضیات می‌دانند. او با دقت حیرت‌انگیزی عدد پی را حساب کرد و به دعوت الغ‌بیگ، حاکم دانشمند سمرقند، در این شهر رصدخانه‌ای به سبک رصدخانه‌ی مراغه بنا کرد. او و گروه اخترشناسان رصدخانه‌ی سمرقند زیج خاقانی را تدوین کردند و دست‌آوردهای مهمی در زمینه‌ی ساخت ابزارهای جدید نجومی داشتند.



نیکولاس کوپرنیک

۱۵۴۳ - ۱۴۷۳ میلادی

اخترشناس، پزشک و کشیش لهستانی که خورشید، و نه زمین، را مرکز منظومه‌ی سیاره‌ای ما دانست. او تحصیلات خود را در ریاضیات و علوم کلاسیک در لهستان و اخترشناسی و حقوق را در ایتالیا انجام داد. در سال ۱۵۰۶ به لهستان بازگشت تا مقام کشیشی کلیسای جامع فراوئنبورگ را در اختیار بگیرد؛ سمتی که تا زمان مرگ در اختیار داشت. وظایف او در این مقام، سبک بود و کوپرنیک توانست زمان بسیاری را به مطالعه‌ی اخترشناسی اختصاص دهد. در حدود سال ۱۵۱۳، به این نتیجه رسید که زمین در مرکز جهان و حتی منظومه‌ی شمسی قرار ندارد. برخی بر این باورند که برداشت‌های او حاصل مطالعه‌ی آثار منجمان دوره‌ی اسلامی مانند بیرونی و توسی بوده است. از دید کوپرنیک، زمین که دور خورشید می‌گردد، آن‌طور که تصور می‌شد خاص نیست؛ بلکه صرفاً یکی از مجموعه سیاره‌هاست. او به تضاد عقاید خود با تعالیم کلیسا آگاه بود و به همین سبب، کتاب انقلاب در حرکت افلاک را تا زمانی که در بستر مرگ بود، منتشر نکرد.



خواجه نصیرالدین توسی

۱۲۷۴ - ۱۲۰۱ میلادی / ۶۷۲ - ۵۹۷ هجری قمری

در توس خراسان متولّد شد و علاوه بر اخترشناسی، به فلسفه، ریاضی، فیزیک و علوم دینی نیز پرداخت. او را اخترشناس پیش‌رو قرن هفتم هجری در جهان اسلام و اخترشناس بزرگ میان دوره‌ی بطلمیوس تا کوپرنیک می‌دانند. توسی در زمینه‌ی کنار آمدن با حاکمان و سیاست‌مداران توانایی زیادی داشت. زمانی هم که وزیر هلاکوخان مغول شد، او را به ساختن رصدخانه‌ی بزرگی در مراغه ترغیب کرد. در این رصدخانه، که کتاب‌خانه‌ای کم‌نظیر داشت، ابزارهای دقیقی ساخته شد و منجمان بزرگی گرد آمدند یا در مدرسه‌ی نجوم مراغه تربیت شدند که در سراسر جهان بی‌مانند بود. تلاش‌های توسی سبب حفظ و انتقال بخش بزرگی از دانش ایران پیش از حمله‌ی ویران‌گر مغول به آیندگان شد. او را از نخستین افرادی می‌دانند که مثلثات را علمی جدا از ریاضیات دانسته و مطالب کاملی در این زمینه نوشته است که مبنای کار اروپاییان پس از دوره‌ی نوزایی(رنسانس) شد. توسی کتاب صورالکواکب صوفی را از عربی به فارسی برگرداند و از خود او نیز ۲۹ کتاب و رساله‌ی علمی و مذهبی باقی مانده است. یکی از بزرگ‌ترین کارهای او به سرپرستی او، تهیه‌ی زیج ایلخانی است که در نتیجه‌ی سال‌ها رصد در رصدخانه‌ی مراغه به‌دست آمد.



تیکو براهه

۱۶۰۱ - ۱۵۴۶ میلادی

اخترشناس دانمارکی که موقعیت ستاره‌ها و سیاره‌ها را به‌دقت اندازه‌گیری کرد. در ۳۰ سالگی، استعداد او در اخترشناسی چنان بود که فردریک دوم، پادشاه دانمارک، جزیره‌ی وِن در ناحیه‌ی بالتیک را در اختیار او گذاشت تا رصدخانه‌ی خود را در آن‌جا بنا کند. ابزارهای رصدی براهه بسیار کامل و دقیق ساخته شده و برخی از آن‌ها بر مبنای ابزارهای رصدخانه‌های مراغه و سمرقند بود. او ۲۰ سال به رصد و ثبت موقعیت خورشید و سیاره‌ها در مقابل زمینه‌ی ستاره‌های آسمان پرداخت. در فاصله‌ی سال‌های ۱۵۷۲ و ۱۵۷۴ ستاره‌ی جدیدی، یک اَبَرنواختر، را در صورت فلکی ذات‌الکرسی ثبت کرد که ثابت می‌کرد وضعیت آسمان برخلاف باور ارسطویی، بی‌تغییر نیست. او فاصله‌ی دنباله‌دار ۱۵۷۷ را تخمین زد و نشان داد که این دنباله‌دار در فراسوی ماه است و مدار کشیده‌ای دارد که از میان سیاره‌ها عبور می‌کند. این نخستین نشانه از ماهیت غیر جوّی دنباله‌دارها بود. او در سال ۱۵۹۷ به پراگ رفت و یوهانس کپلر را به دستیاری خود برگزید. کپلر به کمک نتایج رصدهای تیکو براهه به محاسبه‌ی مدار سیاره‌ها پرداخت.



گالیلئو گالیله

۱۶۴۲ - ۱۵۶۴ میلادی



ریاضی‌دان، فیزیک‌دان و اخترشناس ایتالیایی که نخستین بار تلسکوپی را به سوی آسمان نشانه رفت. گالیله، در مقام استاد ریاضیات دانشگاه‌های پیزا و پادووا، تلاش بسیاری در رد نظریه‌های کهن یونانی درباره‌ی فیزیک کرد. او، پس از آن‌که متوجه اختراع تلسکوپ شد، نمونه‌ای را در سال ۱۶۰۹ ساخت و آن‌را به آسمان نشانه رفت و متوجه شد که لکه‌های خورشیدی هر ۲۵ روز یک‌بار گرد خورشید می‌چرخند؛ ماه دارای کوهستان است؛ مشتری ۴ قمر دارد؛ زهره نیز مانند ماه اهله دارد. رصدهای او از زهره کمک کرد تا این نظریه که خورشید به جای زمین در مرکز منظومه‌ی شمسی است، تأیید شود. این نظریات انقلابی، همراه با روحیه‌ی متخاصم او و علاقه‌ای که به جاروجنجال داشت، باعث شد بقیه‌ی عمر خود را با تفتیش عقاید کلیسای رم و در بازداشت خانگی سپری کند. سرانجام بیش از سه قرن بعد، کلیسا در دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی در پی حکم کمیته‌ای، که از سوی پاپ ژان پُل دوم تشکیل شده بود، او را بخشید!



جیووانی کاسینی

۱۷۱۲ - ۱۶۲۵ میلادی



اخترشناس ایتالیایی که نخستین بار به ماهیت حلقه‌های زحل پی برد. او زمانی که استاد اخترشناسی دانشگاه بولونیا در ایتالیا بود، توانست زمان حرکت وضعی (چرخش دورانی) سیاره‌های مشتری، زهره، و مریخ را حساب کند. ۴ قمر از اقمار زحل و شکافی در حلقه‌های آن‌را نیز کشف کرد. او این نظریه را مطرح کرد که حلقه‌های زحل از یک ساختار صُلب یک‌پارچه شکل نگرفته و از صخره‌های کوچک منفرد تشکیل شده‌اند. در سال ۱۶۶۹، کاسینی به فرانسه رفت و در ساخت و راه‌اندازی رصدخانه‌ی پاریس، نخستین رصدخانه‌ی تلسکوپی جهان، کمک کرد و مدیریت آن‌جا را به‌عهده گرفت. در پاریس، فاصله‌ی زمین تا مریخ را اندازه گرفت و با کمک آن سعی کرد فاصله‌ی زمین تا خورشید را حساب کند. اما هیچ‌گاه چرخش سیاره‌ها دور خورشید یا قانون جهانی گرانش را نپذیرفت. پسر و نوه‌اش مدیران بعدی رصدخانه‌ی پاریس بودند.

یوهانس کپلر

۱۶۳۰ - ۱۵۷۱ میلادی



اخترشناس آلمانی که مدار سیاره‌ها را رسم کرد و نشان داد این مدارها باید بیضوی باشند. کپلر ۳ قانون خود را درباره‌ی مدار سیاره‌ها، که بعدها به قوانین کپلر معروف شد، با استفاده از داده‌های سال‌ها رصد تیکو براهه، اخترشناس دانمارکی، تدوین کرد. زیرا در چند ماه پایان عمر براهه، دستیار او بود. او به‌دقت رصدهای تیکو ایمان داشت و تا زمانی که مدارها را به‌درستی استخراج کرد، بر این دقت تأکید داشت. در سال ۱۶۰۹، کپلر دریافت که مدار سیاره‌ها بیضی است و نه دایره‌ای و سرعت سیاره‌ها در مدارشان، با دور شدن از خورشید کاهش می‌یابد. او یک پروتستان لوتری بود و به سبب اذیت و آزارهای مذهبی، چند بار ناچار به سفر شد. در سال ۱۶۲۷، جداولی موسوم به جدول‌های رادلفی منتشر کرد که اخترشناسان می‌توانستند برمبنای آن، محل سیاره‌ها را در گذشته و حال و آینده محاسبه کنند. کپلر باور اشتباهی نیز داشت که سیاره‌ها هنگام حرکت مداری خود، نت‌های موسیقی منتشر می‌کنند.

کریستین هویگنس

۱۶۹۵ - ۱۶۲۹ میلادی

هویگنس دانشمندی هلندی بود که در سال ۱۶۶۶ به پاریس رفت و ۱۵ سال در آن‌جا زندگی کرد. او بهترین تلسکوپ دوره‌ی خود و نوع جدیدی از چشمی‌های تلسکوپی را ساخت. در سال ۱۶۵۵، با کمک این ابزارها به رصد زحل پرداخت و قمر بزرگ آن‌را، که بعدها تیتان نام گرفت، کشف کرد. او متوجه شد که این سیاره را حلقه‌ای احاطه کرده است. سپس نوعی ساعت پاندولی ساخت و این نظریه را مطرح کرد که نور نیز، مانند صوت یا آب، حرکتی موجی دارد.



ایزاک نیوتون

۱۶۴۲ - ۱۷۲۷ میلادی

دانشمند انگلیسی و بنیان‌گذار اصول مهمی در فیزیک که توضیح داد چگونه گرانش باعث حفظ سیاره‌ها در مدار آن‌ها به دور خورشید می‌شود. نیوتون در ۲۶ سالگی استاد ریاضیات دانشگاه کمبریج شد. او انقلابی در مفهوم گرانش ایجاد کرد و نظریه‌اش پیوندی میان قوانین کپلر و نظریه‌ی سقوط آزاد جرم‌های گالیله برقرار کرد. در دهه‌ی ۱۶۸۰، به این نتیجه رسید که گرانش در سراسر کیهان و نه فقط در زمین و اطراف آن، حکم‌رانی می‌کند. در دهه‌ی ۱۶۶۰، به بررسی ماهیت نور پرداخت و متوجه شد که نور سفید ترکیبی از یک طیف رنگی رنگین‌کمان‌مانند است. او این موضوع را با عبور دادن نور سفید از میان یک منشور یا عدسی اثبات کرد. نیوتون قصد داشت تلسکوپی بسازد؛ اما به سبب همین خاصیت شکست نور در عدسی‌ها، جرم‌ها دارای تصاویری با خطای رنگی می‌شدند. برای حل این مشکل، در سال ۱۶۶۸، تلسکوپی بازتابی ساخت که در آن به جای عدسی، از آینه استفاده شده بود. این نوع تلسکوپ به مدل نیوتونی مشهور شد. در سال ۱۶۸۷، کتاب او به نام اصول (اصول ریاضیات) منتشر شد که باید آن‌را یکی از مؤثرترین کتاب‌های علمی تاریخ نامید.





جان فلامستید

۱۶۴۶ - ۱۷۱۹ میلادی



نخستین ستاره‌شناس سلطنتی انگلستان و مدیر رصدخانه‌ی گرینویچ در نزدیکی لندن بود. این رصدخانه در سال ۱۶۷۶ آغاز به کار کرد. او از ابزارهایی مانند قوس دیواری (رُبع جداری، ابزار منجمان مسلمان) و سکستانتی مجهز به نمایش‌گر اپتیک در ترکیب با ساعتی جدید و دقیق، که یک سال بی‌خطا کار می‌کرد، بهره گرفت تا فهرست جدیدی از ۳هزار ستاره تنظیم کند. این فهرست پس از مرگ او، و در سال ۱۷۲۵ منتشر شد و دقت آن ۱۵ برابر بیش‌تر از نمونه‌ی پیش از آن بود. فلامستید در این فهرست، روش نام‌گذاری ستاره‌ها با شماره را پایه‌گذاری و در فعالیتی دیگر، شکل مدار ماه و زمین را به‌دقت بررسی کرد.

شارل مسیه

۱۷۳۰ - ۱۸۱۷ میلادی

دنباله‌دارها موضوع مورد علاقه‌ی این اخترشناس فرانسوی بود. در نتیجه، نخستین کسی بود که به‌طور اصولی، به جست‌وجوی دنباله‌دارهای جدید پرداخت و این کار را با ظهور پیش‌بینی‌شده‌ی دنباله‌دار هالی در سال‌های ۱۷۵۸ و ۱۷۵۹ آغاز کرد. مسیه بیش از ۱۵ دنباله‌دار جدید کشف کرد و باعث شد او را «جست‌وجوگر دنباله‌دارها» بخوانند. او فهرستی از ۱۰۳ جرم شامل سحابی‌ها، خوشه‌های ستاره‌ای و کهکشان‌ها نیز تهیه کرد که ممکن بود با دنباله‌دارها اشتباه گرفته شوند. این فهرست، که به ۱۱۰ جرم ژرفای آسمان تبدیل شد، هنوز هم کاربرد دارد و شامل برخی از زیباترین جرم‌های ژرفای آسمان است. مثلاً کهکشان مسلسله یا آندرومدا جرم سی‌ویکم مسیه یا M۳۱ است.

ادموند هالی

۱۶۵۶ - ۱۷۴۲ میلادی



این اخترشناس و ریاضی‌دان انگلیسی ثابت کرد برخی دنباله‌دارها دارای تناوب‌اند. او توانست زمان بازگشت دنباله‌دار هالی را پیش‌بینی کند. هالی دوست نزدیک ایزاک نیوتن بود و در دهه‌ی ۱۶۸۰، او را در انتشار کتاب معروف اصول یاری داد. در سال ۱۶۹۸، کاپیتان نیروی دریایی سلطنتی شد و به مقصد اقیانوس اطلس شمالی و جنوبی بادبان برافراشت. در این سفر، به اندازه‌گیری تغییرات انحنای مغناطیسی قطب‌نما پرداخت و امیدوار بود ابزاری برای اندازه‌گیری طول جغرافیایی بسازد. هالی نخستین شخصی بود که نقشه‌ای از ستاره‌های نیم‌کره‌ی جنوبی آسمان تهیه کرد، متوجه حرکت حقیقی و بسیار درازمدت ستاره‌ها شد و دریافت که زمین بسیار پیر است. او بیش‌تر معروفیت خود را مدیون محاسبه‌ی مدار دنباله‌دار هالی و پیش‌بینی بازگشت هر ۷۶ سال یک‌بار این دنباله‌دار است. هالی در اواخر عمر استاد ریاضیات دانشگاه آکسفورد و دومین اخترشناس سلطنتی انگلستان شد.

ویلیام هرشل

۱۷۳۸ - ۱۸۲۲ میلادی



اخترشناس آلمانی‌الاصل که اورانوس را کشف کرد و تلسکوپ‌های بازتابی غول‌پیکری ساخت. در سال ۱۷۵۷، هرشل از هانوفر آلمان به انگلستان مهاجرت کرد و تا سال ۱۷۶۶، در شهر بات نوازنده‌ی ارگ بود. در همان‌جا به ساخت تلسکوپ بازتابی و تراش آینه‌های فلزی آن‌ها پرداخت. در سال ۱۷۸۱، در حالی که خارج از خانه‌اش از یکی از تلسکوپ‌ها استفاده می‌کرد، به‌طور تصادفی سیاره‌ی اورانوس را کشف کرد (اما ابتدا فکر می‌کرد که یک دنباله‌دار کشف کرده است). این کشف باعث شهرت او شد؛ در طی یک سال موسیقی را کنار گذاشت و به اخترشناس مخصوص پادشاه تبدیل شد. او بزرگ‌ترین تلسکوپ جهان را در زمان خود با آینه‌ای به قطر ۱۰۰ سانتی‌متر ساخت و با آن به بررسی آسمان و کهکشان پرداخت. هرشل از همکاری خواهرش کارولین، که رصدگری توانا بود، بهره می‌برد. او از صدها سحابی یافت و متوجه شد که خورشید در حال حرکت به سوی صورت فلکی جاثی است. فرزندش، جان (۱۸۷۱ ـ ۱۷۹۲)، نیز اخترشناس معروفی شد و فهرست جرم‌های غیرستاره‌ای را کامل کرد، به رصد دقیق آسمان جنوبی پرداخت و ستاره‌های دوتایی بسیاری را بررسی کرد.

پیر سیمون دولاپلاس

۱۷۴۹ - ۱۸۲۷ میلادی

ریاضی‌دان و اخترشناس فرانسوی و استاد مدرسه‌ی عالی نظامی پاریس. از سال ۱۷۷۳، مدت ۱۳ سال به بررسی این موضوع پرداخت که چگونه می‌توان آشفتگی‌های مداری مشتری و زحل را با قانون گرانش نیوتون توضیح داد. در سال ۱۷۹۶، دولاپلاس اعلام کرد که خورشید و منظومه‌ی شمسی از دل قرصی از گاز شکل گرفته‌اند که حین انقباض، تندتر و تندتر می‌چرخید و هرچه کوچک‌تر می‌شد، حلقه‌هایی از مواد در اطراف برجای می‌گذاشت. این حلقه‌ها سپس سیاره‌های فعلی را به‌وجود آوردند. این نظریه‌ی شکل‌گیری منظومه‌ی شمسی تا آخر قرن نوزدهم میلادی اعتبار خود را حفظ کرد و مبنای نظریه‌های تغییریافته‌ی امروزی درباره‌ی سحابی اولیه‌ی خورشیدی بود.

کارولین هرشل

۱۷۵۰ - ۱۸۴۸ میلادی

در هانوفر آلمان به‌دنیا آمد. در سال ۱۷۷۲ همراه برادرش، ویلیام، به انگلستان رفت. او، که قرار بود خواننده باشد، به نجوم آماتوری روی آورد و در فاصله‌ی سال‌های ۱۷۸۶ و ۱۷۹۷، ۸ دنباله‌دار کشف کرد. در سال ۱۷۸۷، پادشاه انگلستان حقوقی برایش تعیین کرد تا به همکاری با برادرش ادامه دهد. او به‌ویژه به سبب کمک در تهیه‌ی فهرستی از ۲۵۰۰ سحابی و خوشه‌ی ستاره‌ای معروف است.



فردریک بِسل

۱۷۸۴ - ۱۸۴۶ میلادی

این اخترشناس آلمانی برای ساخت رصدخانه‌ی جدیدی در کونیگزبرگ راه‌کارهایی ارائه داد و در سال ۱۸۱۳، نخستین مدیر آن شد. تمرکز او بر اندازه‌گیری موقعیت دقیق ستاره‌ها بود. در سال ۱۸۳۸ متوجه حرکتی جزیی در ستاره‌ی ۶۱ ـ دجاجه شد. او می‌دانست که این حرکت به سبب اختلاف منظر ناشی از حرکت زمین دور خورشید به‌وجود می‌آید. از روی این اختلاف منظر فاصله‌ی این ستاره را ۱۰/۳ سال نوری تخمین زد. این نخستین استفاده از اختلاف منظر برای تعیین فاصله‌ی ستاره‌ها بود و به تعیین مقیاسی برای ابعاد عالم کمک کرد.

یوزف فون فرانهوفر

۱۷۸۷ - ۱۸۲۶ میلادی

عدسی و عینک‌ساز اهل استان باواریای آلمان بود و می‌کوشید عدسی‌ای بسازد که نور را به طیف رنگین‌کمان نشکند و سبب ایجاد خطای رنگی تلسکوپ‌های شکستی نشود. در سال ۱۸۱۴، در حال آزمودن این عدسی، متوجه شد طیف خورشید را مجموعه‌ای از خطوط تیره قطع کرده‌اند. او طول موج ۳۲۴ خط از ۵۷۴ خط تیره‌ای را که می‌دید، اندازه گرفت که امروزه به خطوط فرانهوفر مشهور است. آن‌گاه در دهه‌ی ۱۸۲۰، متوجه شد که نور پس از عبور از یک توری مشبک نیز به رنگ‌های تشکیل‌دهنده‌ی خود می‌شکند و هرچه تعداد حفره‌های توری بیش‌تر باشد، شکست نور افزایش می‌یابد. این توری‌ها امروزه به‌طور وسیعی در طیف‌سنج‌ها کاربرد دارند.

وربَن لووِریه

۱۸۱۱ - ۱۸۷۷ میلادی

اخترشناس فرانسوی که ثابت کرد مدار سیاره‌ها پایدار است. در سال ۱۸۴۵، به این موضوع علاقه‌مند شد که چگونه مدار سیاره‌ها بر اثر نیروی سیاره‌های مجاور خود دچار کشش می‌شود. او موقعیت سیاره‌ای ناشناخته را، که باعث تأثیر بر مدار اورانوس می‌شود، پیش‌بینی کرد. سپس این پیش‌بینی را در اختیار اخترشناس آلمانی، یوهان گاله (۱۹۱۰ ـ ۱۸۱۲) قرار داد که او نیز در سال ۱۸۴۶ به‌سرعت نپتون را بر آن مبنا یافت.

ویلیام هاگینز

۱۸۲۴ - ۱۹۱۰ میلادی

انگلیسی و تا سال ۱۸۵۴ پارچه‌فروش بود. سپس کسب و کار خانوادگی را رها کرد تا به رصد آسمان بپردازد. او در لندن یک رصدخانه‌ی خصوصی ساخت و تلسکوپی طراحی کرد که به یک طیف‌نگار مجهز بود. با کمک این ابزار، به بررسی ترکیبات و ساختار خورشید، ماه، سیاره‌ها و ستاره‌ها پرداخت. او در سال ۱۸۶۳ نشان داد که کیهان از همان عناصری ساخته شده است که روی زمین یافت می‌شود. در سال ۱۸۶۸ نخستین بار از طیف‌سنج برای اندازه‌گیری سرعت و حرکت ستاره‌ها و دورشدن آن‌ها از زمین استفاده کرد. هاگینز کشف کرد که برخی سحابی‌ها از گاز ساخته شده‌اند.



جیووانی شیاپارلی

۱۸۳۵ - ۱۹۱۰ میلادی

این اخترشناس ایتالیایی، از سال ۱۸۶۰ تا ۱۹۰۰، در رصدخانه‌ی برِرا در میلان کار می‌کرد. در سال ۱۸۶۲، متوجه شد که منشأ ذرات مولد بارش شهاب برساوشی دنباله‌دار سوئیفت ـ تاتل است و هر دو، مدار یکسانی دارند. او رصدهای دقیقی از مریخ انجام داد و بر این باور بود که رگه‌های تیره‌ای شبیه کانال، ساختارهایی که برخی از آن‌ها به نظر می‌آمد به دو شاخه تقسیم می‌شود، روی مریخ وجود دارد. او به اشتباه به این نتیجه رسید که همواره یک سوی عطارد، با آن‌که حرکت وضعی آن بسیار کند است، رو به خورشید قرار می‌گیرد.

پرسیوال لاول

۱۸۵۵ - ۱۹۱۶ میلادی

این ریاضی‌دان آمریکایی، پس از آن‌که مدت کوتاهی شغل خانوادگی خود، تجارت پارچه و پنبه را پیشه کرد و مدتی دیپلمات بود، با عشق به رصد ناشناخته‌های مریخ، رصدخانه‌ای در فلگ‌استف آریزونا بنا کرد. او به رصدهای مستقیم و عکاسی از مریخ پرداخت و به این باور رسید که خطوط تیره‌ای که شیاپارلی ایتالیایی نیز دیده بود، شبکه‌ای از کانال‌های دست‌ساز روی این سیاره‌اند که تمدن‌های مریخی ساخته‌اند. لاول در کتابش، مریخ را جایگاه مناسبی برای حیات توصیف کرد. در سال ۱۹۰۵، او به اشتباه محل سیاره‌ی ایکس را، که گمان می‌شد بر مدار اورانوس و نپتون تأثیر می‌گذارد، مشخص کرد. اما در سال ۱۹۳۰، کلاید تومبا با خوش‌اقبالی، پلوتون را با تلسکوپ لاول کشف کرد.



کنستانتین تسیلکوفسکی

۱۹۳۵ - ۱۸۵۷ میلادی



پیش‌گام روس نظریه‌ی پروازهای فضایی که دهه‌ها از اندیشه‌های دوره‌ی خود جلوتر بود. اسپوتنیک ۱ در گرامی‌داشت صدمین سالگرد تولّد او به مدار زمین رفت. تسیلکوفسکی نظریه‌های پرتاب موشک را بررسی کرد؛ اما به سبب در اختیار نداشتن منابع، هیچ‌گاه نتوانست موشکی بسازد. در سال ۱۸۹۸، نظریه‌ای بر این مبنی ارائه داد که هر موشک چه‌قدر سوخت مصرف می‌کند و سرعت پرتابه‌ها با قدرت موتورها چه نسبتی دارد. کتاب او در سال ۱۹۰۳ با عنوان اکتشاف فضای کیهانی با وسیله‌های واکنشی منتشر شد. تسیلکوفسکی در این کتاب، طرح‌هایی درباره‌ی موشک‌های سوخت هیدروژن و اکسیژن مایع مطرح کرد که بسیار شبیه نمونه‌های امروزی بودند. او نشان داد که موشک‌های چندمرحله‌ای برای فرار از میدان گرانش زمین، مورد نیاز خواهند بود و نحوه‌ی نصب و قرارگیری آن‌ها روی هم (مانند نمونه‌ی آمریکایی ساترن ۵) یا در کنار هم (مانند نمونه‌های پرتابه‌های روسی) را مطرح کرد.

آینار هرتسپرونگ

۱۹۶۷ - ۱۸۷۳ میلادی

این اخترشناس دانمارکی، استانداردی برای میزان درخشش حقیقی ستاره‌ها وضع کرد و آن‌را به صورت قدر ظاهری ستاره‌ها، زمانی که همه‌ی آن‌ها ۳۲/۶ سال نوری از ناظر فاصله داشته باشند، تعریف کرد (قدر مطلق). او در سال ۱۹۰۶ متوجه شد که این قدرمطلق با دمای ستاره ارتباط دارد. این موضوع را هنری راسل به‌طور مستقل در سال ۱۹۱۳ کشف کرده بود. نموداری که به نام نمودار هرتسپرونگ ـ راسل معروف است و از ثبت ستاره‌ها بر مبنای قدر مطلق و دمای آن‌ها به‌دست می‌آید، ابزار کارآمدی برای درک تحولات ستاره‌ای است.

آنی جامپ کانون

۱۹۴۱ - ۱۸۶۳ میلادی

این زن اخترشناس آمریکایی، طیف بیش از ۳۰۰هزار ستاره را بر حسب دما طبقه‌بندی کرد. او در سال ۱۸۹۶ به جمع کارکنان رصدخانه‌ی کالج هاروارد پیوست و تا سال ۱۹۴۰، که بازنشسته شد، در آن‌جا ماند. کارهای کانون سنگ بنایی برای تنظیم فهرست طیفی ستاره‌های هِنری دریپر و رده‌بندی طیفی ستاره‌ها در اخترفیزیک امروز به‌حساب می‌آید.



جورج هِیل

۱۹۳۸ - ۱۸۶۸ میلادی

اخترشناس آمریکایی و مخترع دستگاه طیف‌سنج که جزییات سطح خورشید را آشکار می‌کرد. در سال ۱۹۰۴، مدیر رصدخانه‌ی مونت ویلسون در کالیفرنیا شد و در سال ۱۹۰۸ کشف کرد که لکه‌های خورشیدی میدان مغناطیسی دارند و سپس قدرت این میدان‌ها را اندازه گرفت. او شیفته‌ی ارائه‌ی تلسکوپ‌های بزرگ به جهان بود و بخش زیادی از وقت خود را صرف تأمین بودجه و مدیریت ساخت بزرگ‌ترین رصدخانه‌های دوره‌ی خود، مانند رصدخانه‌ی ۲/۵ متری مونت ویلسون و ۵ متری مونت پالومار در کالیفرنیا کرد. تلسکوپ ۵ متری نیز به افتخار او، تلسکوپ هیل نام گرفت.

هنری راسل

۱۹۵۷ - ۱۸۷۷ میلادی

این دانشمند آمریکایی در سال ۱۹۰۵ به استادی اخترشناسی در دانشگاه پرینستون رسید. او به بررسی ستاره‌های چندتایی و رابطه‌ی میان مدار و جرم آن‌ها پرداخت. سپس با بررسی‌هایی که روی فواصل ستاره‌ها انجام داد، متوجه شد که اگر برمبنای میزان درخشندگی حقیقی ستاره‌ها و دمای سطحی آن‌ها نموداری رسم کند، رشته‌ای اصلی از ستاره‌ها در آن وجود خواهد داشت که بیش‌تر ستاره‌های کهکشان را شامل می‌شود. این نمودار به نمودار هرتسپرونگ ـ راسل معروف شد؛ زیرا آینار هرتسپرونگ نیز در سال ۱۹۰۶ به‌طور مستقل چنین نموداری رسم کرده بود. راسل به اشتباه حدس می‌زد که ستاره‌ها در جهت این رشته‌ی اصلی تحول پیدا می‌کنند. او در سال ۱۹۲۹ به درستی این نظریه را مطرح کرد که ستاره‌ها بیش‌تر از هیدروژن تشکیل شده‌اند.

هنریتا لیویت

۱۹۲۱ - ۱۸۶۸ میلادی



این اخترشناس آمریکایی به بررسی ستاره‌های متغیر قیفاووسی پرداخت و موفق به کشف رابطه‌ی دوره‌ی تناوب این متغیرها با درخشش آن‌ها شد. لیویت، که در رصدخانه‌ی کالج هاروارد در ماساچوست کار می‌کرد، از روی صفحات عکاسی، به تعیین نورانی بودن ستاره‌ها پرداخت. او سال‌ها متغیرهای قیفاووسی را در ابرهای ماژلان بررسی کرد؛ آن‌ها ستاره‌هایی هستند که در بازه‌های زمانی منظمی دچار تغییرات منظم نورانی شدن می‌شوند. در سال ۱۹۱۲، لیویت متوجه شد که ستارگان با درخشندگی حقیقی بیش‌تر، تناوب بلندتری دارند؛ بنابراین، با اندازه‌گیری مدت تناوب این ستاره‌ها می‌توان با مقایسه‌ی قدر ظاهری، به قدر حقیقی آن‌ها رسید و سپس فاصله‌ی این ستاره‌ها را تخمین زد. این موضوع باعث کشف این واقعیت شد که ابرهای ماژلان حدود ۱۰۰هزار سال نوری از ما فاصله دارند و کهکشان‌های کوچکی در فراسوی کهکشان راه شیری‌اند. ادوین هابل نیز از روش لیویت برای پی بردن به دنیایی پر از کهکشان‌های دیگر استفاده کرد.

برنارد اشمیت

۱۹۳۵ - ۱۸۷۹ میلادی

در استونی به‌دنیا آمد. در سال ۱۹۰۰ برای تحصیل مهندسی به آلمان رفت. سپس عدسی‌ها و آینه‌هایی نجومی ساخت و سرانجام در سال ۱۹۲۶ به جرگه‌ی همکاران رصدخانه‌ی هامبورگ پیوست. تلسکوپ‌های بازتابی بزرگ آن زمان میدان دید کوچکی در اختیار رصدگران می‌گذاشتند. در نتیجه، اشمیت تلسکوپی برای رصدخانه طراحی کرد که با استفاده از یک آینه‌ی کروی، که در پشت عدسی تصحیح‌کننده‌ای در سر تلسکوپ قرار می‌گرفت، نه تنها تصویری با شفافیت بسیار ایجاد می‌کرد، بلکه میدان دید بزرگ‌تری نیز در اختیار ناظران می‌گذاشت. بسیاری از تلسکوپ‌های اشمیت برای نقشه‌برداری آسمان به‌کار رفتند و بر اساس طرح او، مدل‌های دیگری مانند اشمیت ـ کاسگرین، ساخته شد که یکی از متداول‌ترین تلسکوپ‌های آماتوری امروزی است.

آلبرت اینشتین

۱۸۷۹ - ۱۹۵۵ میلادی



فیزیک‌دان نظری آلمانی‌تبار که نظریه‌ی نسبیت عام او، راه را برای درک و توضیح تحول عالم در حال انبساط باز کرد. اینشتین جایزه‌ی نوبل فیزیک را در سال ۱۹۲۱، برای توضیح ماهیت تابشی نور در بسته‌های کوچک انرژی، که کوانتای نور یا فوتون خوانده می‌شوند، دریافت کرد. اما بیش از همه به سبب دو نظریه‌ی نسبیت خود مشهور شده است. از این نظریه‌ها نتیجه می‌شود که هیچ چیز در کیهان سریع‌تر از سرعت نور (C) حرکت نمی‌کند. این سرعت در محیط خلأ ثابت است و جرم‌ها هنگامی که با سرعت بیش‌تری حرکت می‌کنند، جرم یا تکانه‌ی بیش‌تری پیدا می‌کنند. او متوجه شد که جرم (M) و انرژی (E) با رابطه‌ای مشهور $E=MC^2$ به هم مربوط‌اند؛ یعنی هم‌ارزی جرم و انرژی و امکان تبادل هر یک به دیگری وجود دارد. اینشتین نشان داد که میدان‌های گرانشی باعث ایجاد انحراف در مسیر پرتو نور یا تغییر طول موج آن می‌شوند. او همواره مردی صلح‌طلب بود و در سال ۱۹۳۳ به آمریکا رفت تا از یهودی‌ستیزی نازی‌های آلمانی در امان بماند. در سال ۱۹۵۲، پیشنهاد پذیرفتن ریاست جمهوری اسرائیل را رد کرد.

هارلو شیپلی

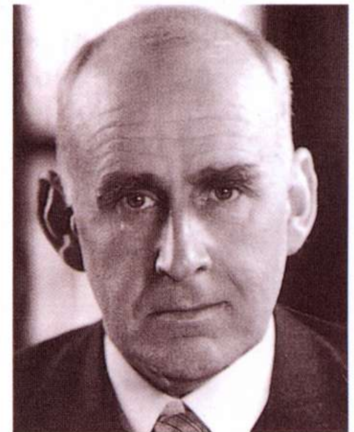
۱۸۸۵ - ۱۹۷۲ میلادی



ابتدا روزنامه‌نگار بود؛ اما به سرعت وارد حوزه‌ی اخترشناسی شد. هنگامی که در رصدخانه‌ی مونت ویلسون کالیفرنیا کار می‌کرد، با استفاده از متغیرهای قیفاووسی، به تخمین فاصله‌ی خوشه‌های ستاره‌های کروی پرداخت. او از این خوشه‌ها، که اغلب در مرزهای کهکشان قرار دارند، برای نقشه‌برداری و تعیین ابعاد راه شیری استفاده کرد. شیپلی در سال ۱۹۲۱ به هاروارد رفت و به سبب مناظره‌ای که با هبرکرتیس (۱۹۴۲ ـ ۱۸۷۲)، مدیر رصدخانه‌ی آلگنی آمریکا، درباره‌ی این‌که آیا عالم از یک یا چند کهکشان تشکیل شده است، انجام داد به شهرت رسید. بعدها شیپلی نشان داد که کهکشان‌ها در خوشه‌هایی مجتمع شده‌اند.

آرتور ادینگتون

۱۸۸۲ - ۱۹۴۴ میلادی



اخترشناس انگلیسی که نشان داد می‌توان ویژگی‌های فیزیکی درون ستاره‌ها را از عوامل سطحی آن‌ها دریافت. ادینگتون پس از آن‌که تحصیلات خود را در کمبریج به پایان رساند، در رصدخانه‌ی سلطنتی گرینویچ به کار پرداخت و پس از آن به کمبریج بازگشت و ۳۱ سال مدیریت رصدخانه‌ی آن‌را به‌عهده گرفت. او مدلی از درون یک ستاره ارائه داد، رابطه‌ی میان جرم ستاره و درخشش آن‌را کشف کرد، تأکید کرد که هم‌جوشی هسته‌ای عامل تولید انرژی در ستاره‌هاست و میزان خمیدگی پرتو نور را بر اثر میدان گرانشی اندازه گرفت. این کار، که در کسوف کلی سال ۱۹۱۹ انجام شد، تأییدی تجربی بر نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین بود. او همچنین جرم عالم را تخمین زد و بر این باور بود که ثابت‌ها، نظیر سرعت نور، به این عدد بستگی دارند. ادینگتون نویسنده‌ی ماهری بود که کتاب‌های عامه‌فهمی درباره‌ی اخترشناسی و نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین به رشته‌ی تحریر درآورد.

ادوین هابل

۱۸۸۹ - ۱۹۵۳ میلادی

این اخترشناس آمریکایی ثابت کرد کیهان حاوی تعداد بسیار زیادی کهکشان است که در حال دور شدن از راه شیری هستند. هابل در شیکاگو و انگلستان حقوق خوانده بود؛ اما در بازگشت به آمریکا، به اخترشناسی روی آورد. او در رصدخانه‌ی مونت ویلسون در کالیفرنیا از تلسکوپ جدید ۲/۵ متری برای بررسی سحابی‌ها استفاده و دو نوع سحابی را شناسایی کرد: گروهی درون کهکشان ما و گروهی بیرون آن. در سال ۱۹۲۴، هابل دریافت که سحابی‌های دورتر در حقیقت کهکشان‌هایی مستقل‌اند. در ادامه، با بررسی طیف کهکشان‌ها، متوجه شد که کهکشان‌های کم‌سوتر و دورتر با سرعت بیش‌تری در حال دور شدن از ما هستند. او انواع کهکشان‌ها را طبقه‌بندی کرد؛ اما به اشتباه ادعا کرد که هریک از این انواع، در گذر زمان، به گونه‌ای دیگر تحول پیدا می‌کنند.



رابرت گادرد

۱۸۸۲ - ۱۹۴۵ میلادی



مخترع و مهندس علوم موشکی آمریکایی که موفق شد در سال ۱۹۲۶، نخستین موشک سوخت مایع را با موفقیت بسازد و پرتاب کند. گادرد یکی از پیش‌گامان صنایع موشکی بود که اکثر کارهایش در کشورش با بی‌توجهی روبه‌رو شد. او از کودکی شیفته‌ی فکر سفرهای فضایی بود و زمانی که دانشجوی محقق در دانشگاه کلارک در ماساچوست بود، آزمایش‌هایی در این زمینه انجام داد. او ۳۰ سال در این دانشگاه درباره‌ی فیزیک سخن‌رانی کرد. در سال ۱۹۱۹، نظریه‌ی خود را درباره‌ی علوم موشکی، بدون این‌که از نظریات کنستانتین تسیلکوفسکی که ۲ دهه‌ی پیش مطرح شده بود، اطلاع داشته باشد، منتشر کرد. در دهه‌ی ۱۹۳۰، نخستین موشک تعادل‌یافته را پرتاب کرد. این موشک یک موتور سوخت مایع داشت که نفت و اکسیژن مایع را، که به یک محفظه‌ی احتراق پمپ می‌شد، می‌سوزاند. موفقیت این طرح منابع مالی را جذب کرد و او به تحقیق و تولید موشک‌هایی با کنترل ژیروسکوپی و تیغه‌های بالی هواپیما پرداخت.

اِرنست اوپیک

۱۸۹۳ - ۱۹۸۵ میلادی

این اخترشناس اهل استونی، بخشی از سال‌های جوانی خود را به کار در دانشگاه تارتو پرداخت؛ اما در سال‌های ۱۹۴۸ به ایرلند شمالی رفت و بعدها به مدیریت رصدخانه‌ی آرماغ رسید. در سال ۱۹۳۲، او پیش‌بینی کرد که منظومه‌ی شمسی را ابری از هسته‌های دنباله‌دارها احاطه کرده است. این ابر را امروز، به افتخار یان اورت، ابر اورت می‌نامیم. بررسی‌های او در زمینه‌ی نحوه‌ی سوختن ذرات غبار در هنگام ورود به جوّ زمین به طراحی سیستمی منجر شد که فضاپیماها را در هنگام ورود به جوّ زمین محافظت می‌کند.

ژرژ لومتر

۱۸۹۴ - ۱۹۶۶ میلادی

لومتر بلژیکی، در سال ۱۹۲۳ کشیش شد و سپس به کیهان‌شناسی روی آورد. در سال ۱۹۳۱، این نظریه را مطرح کرد که زمانی کل جهان در یک اتم اولیه به ابعاد ۳۰ برابر خورشید متراکم بود و بر اثر انفجار این اتم اولیه در فضا، موادی در عالم پخش شد که بر اثر تراکم، دوباره کهکشان‌ها و ستاره‌ها را شکل داد. او این نظریه را نیز مطرح کرد که می‌توان از حرکت کهکشان‌ها برای تعیین انبساط کیهان استفاده کرد. این نظریه بعدها به نظریه‌ی مهبانگ ارتقا پیدا کرد.

فریتز زوییکی

۱۸۹۸ - ۱۹۷۴ میلادی

این اخترفیزیک‌دان سوئیسی، که در سال ۱۹۲۷ به مؤسسه‌ی فن‌آوری کالیفرنیا (کلتک) رفت، در سال ۱۹۳۴ متوجه شد که انفجارهای اَبَرنواختری، از انفجارهای نواختری انرژی فوق‌العاده بیش‌تری دارند. او این حدس را مطرح کرد که اَبَرنواخترها تمام ساختار ستاره را نابود می‌کنند و فقط هسته‌ی کوچکی از آن برجای می‌گذارند که به ستاره‌ی نوترونی تبدیل می‌شود. زوییکی به جست‌وجوی اَبَرنواخترها پرداخت؛ اما محاسبه کرد که هر کهکشان در هر ۴۰۰ سال تنها شاهد وقوع یک اَبَرنواختر است (تخمین امروز در کهکشانی مانند راه شیری، یکی در هر قرن است). به‌علاوه، به بررسی خوشه‌های کهکشانی پرداخت و متوجه شد برخلاف کل عالم، این خوشه‌ها دچار انبساط نیستند و با گرانش خود با انبساط مقابله می‌کنند.

والتر باده

۱۸۹۳ - ۱۹۶۰ میلادی

در سال ۱۹۳۱ از آلمان به آمریکا مهاجرت کرد. در رصدخانه‌ی مونت ویلسون در کالیفرنیا مشغول کار شد و در سال ۱۹۴۸ به رصدخانه‌ی پالومار در همان نزدیکی رفت. در سال ۱۹۴۳ کشف کرد که دو نوع ستاره‌ی اصلی در عالم وجود دارد: ستاره‌های بسیار پیر که میزان اندکی مواد فلزی دارند و ستاره‌های جوانی که مملو از عناصر فلزی هستند. این وضعیت در مورد متغیرهای قیفاووسی هم صادق بود که از ویژگی‌های آن‌ها برای تعیین فاصله‌ها در کیهان استفاده می‌شد. از آن زمان، یک‌باره ابعاد عالم به دو برابر آن‌چه پیش از آن تصور می‌شد، گسترش یافت.



یان اورت

۱۹۰۰ - ۱۹۹۲ میلادی



اخترفیزیک‌دان دانمارکی که با استفاده از امواج رادیویی به بررسی کهکشان راه شیری پرداخت و این نظریه را مطرح کرد که منظومه‌ی شمسی را ابری از دنباله‌دارها احاطه کرده است. اورت پس از ت ثحصیل در دانشگاه گرونینگن، به دانشگاه لِیدن رفت و در آن‌جا به ساختار کهکشان علاقه‌مند شد. او در سال ۱۹۲۷، دریافت که خورشید در مرکز راه شیری قرار ندارد و مسیر ستاره‌های نزدیک نشان می‌دهد که مرکز کهکشان ما حدود ۳۰هزار سال نوری با خورشید فاصله (تخمین امروزی ۲۵هزار سال نوری است) و در جهت صورت فلکی قوس قرار دارد. سپس متوجه شد که خورشید هر ۲۰۰میلیون سال مدار خود را دور مرکز کهکشان طی می‌کند و جرم راه شیری، ۱۰۰میلیارد برابر خورشید است. اورت در سال ۱۹۵۱ شکل بازوهای کهکشان راه شیری را برمبنای رصد رادیویی تابش‌های هیدروژن محیط میان‌ستاره‌ای رسم کرد. در همین ایام، این موضوع را نیز مطرح کرد که خورشید را ابر عظیمی از هسته‌های دنباله‌دارها احاطه کرده است که پایداری آن‌ها گاهی بر اثر عبور ستاره‌هایی از نزدیکی این ابر، برهم می‌خورد.

سِسیلیا پاین (گاپوشکین)

۱۹۰۰ - ۱۹۷۹ میلادی

نخستین بار، این اخترشناس انگلیسی ـ آمریکایی متوجه شد هیدروژن و هلیوم اجزای اصلی سازنده‌ی عالم‌اند. سِسیلیاپاین، پس از شرکت در سخن‌رانی‌های سِر آرتور ادینگتون در دانشگاه کمبریج، تصمیم گرفت اخترشناس شود. در سال ۱۹۲۳، انگلستان را به مقصد رصدخانه‌ی کالج هاروارد ترک کرد تا در آن‌جا با هارلو شِیپلی همکاری کند. پس از مشخص کردن رابطه‌ی میان دمای ستاره و رده‌ی طیفی آن، این نتیجه‌گیری را مطرح کرد که ستاره‌های رشته‌ی اصلی بیش‌تر از هیدروژن و هلیوم ساخته شده‌اند. او در سال ۱۹۳۴ با سرگئی گاپوشکین ازدواج کرد و با هم به شناسایی ستاره‌های متغیر از طریق عکاسی از آن‌ها پرداختند. او ستاره‌های بسیار درخشان را نیز بررسی کرد که امروزه برای تعیین فاصله‌ی دورترین کهکشان‌ها از آن‌ها استفاده می‌شود. در سال ۱۹۵۶، سسیلیا پاین کرسی استادی اخترشناسی در هاروارد را به‌دست آورد و نخستین بانوی استاد در این دانشگاه شد.



هرمان اوبرت

۱۸۹۴ - ۱۹۸۹ میلادی

هرمان اوبرت را باید همراه با رابرت گادرد و کنستانتین تسیلکوفسکی، پدران عصر فضا دانست. کتاب‌های او به نام‌های موشک‌هایی به سوی فضای میان‌سیاره‌ای (۱۹۲۳) و جاده‌ای به سوی سفر فضایی (۱۹۲۹) آثار کلاسیک این حوزه به‌شمار می‌روند. اوبرت در دهه‌ی ۱۹۳۰ به آزمایش روی موتورهای موشک‌ها پرداخت و در خلال جنگ دوم جهانی، موشک‌های ۲ـ V را توسعه داد. در اواخر دهه‌ی ۱۹۵۰، مدتی در آمریکا زندگی کرد. در آن‌جا، در کنار دستیار قدیمی خود ورنر فون براون، که خود از مشاهیر عصر فضا بود، به توسعه‌ی پرتاب‌گرهای ماهواره‌ای پرداخت.

ژرژ گاموف

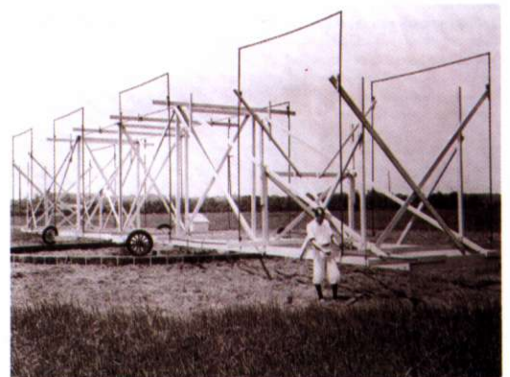
۱۹۶۸ - ۱۹۰۴ میلادی

فیزیک‌دان اوکراینی که در سال ۱۹۳۳ به آمریکا مهاجرت کرد. در سال ۱۹۴۸ به همراهی رالف آلفر (۲۰۰۷ ـ ۱۹۲۱) و هانس بته (۲۰۰۵ ـ ۱۹۰۶)، گروهی سه‌تایی معروف به آلفا ـ بتا ـ گاما، نشان دادند که چگونه در خلال مهبانگ هلیوم از واکنش‌های نوترون‌ها و پروتون‌ها شکل گرفته و چگونه هلیوم در ترکیب با دیگر هسته‌ها، عناصر دیگر را به‌وجود آورده است. او پیش‌بینی کرد که کیهان باید از تابشی که بازمانده‌ی دمای زیاد دوره‌ی مهبانگ است، پُر باشد.

کارل جانسکی

۱۹۵۰ - ۱۹۰۵ میلادی

مهندس رادیویی آمریکایی که به پدر اخترشناسی رادیویی معروف است. او به دنبال کشف منشأ اختلال‌های رادیویی در ارتباطات بین کشتی و ساحل بود. در سال ۱۹۳۲، آنتن رادیویی چرخان و دریافت‌کننده‌ای برای آن ساخت و خیلی زود متوجه شد که این اختلالات از صورت فلکی قوس منشأ می‌گیرد. این منطقه، که امروز قوس A شناخته می‌شود، چگال‌ترین بخش راه شیری و مرکز کهکشان است و جانسکی در حال آشکارسازی تابش حاصل از الکترون‌ها در میدان مغناطیسی کهکشان بود.



کلاید تومبا

۱۹۹۷ - ۱۹۰۶ میلادی

در ایلینویز آمریکا به‌دنیا آمد و به سبب مشکلات مالی، نتواست به دانشگاه برود. در عوض در سال ۱۹۲۹ با سمت دستیاری وارد رصدخانه‌ی لاول در فلگ‌استف آریزونا شد. در سال ۱۹۰۵، پرسیوال لاول موقعیت سیاره‌ی ایکس را محاسبه کرده بود. تومبا برای کمک به تحقیقات ابزاری ساخت که با کمک آن می‌شد دو تصویر را، که با فاصله‌ی چند ساعت از یک ناحیه‌ی آسمان گرفته شده بود، بررسی کرد تا اگر جسمی در طی این‌بازه در مقابل زمینه‌ی ثابت ستارگان جابه‌جا می‌شد، بتوان آن‌را پیدا کرد. در هجدهم فوریه‌ی سال ۱۹۳۰، تومبا پلوتون را پیدا کرد. اما درباره‌ی اندازه‌ی پلوتون و این‌که آیا این سیاره باعث تأثیرات گرانشی بر مدار اورانوس می‌شود، نامطمئن بود. به همین سبب، ۸ سال دیگر هم به جست‌وجوی بدون موفقیتی برای یافتن سیاره‌ای دیگر ادامه داد.

سرگئی کرولف

۱۹۶۶ - ۱۹۰۶ میلادی

در سال ۱۹۳۱، این مهندس روس یکی از اعضای بنیان‌گذار گروه مسکو برای بررسی پیش‌ران‌های موشکی بود. در جنگ دوم جهانی، استالین او را زندانی و مجبور به کار روی هواپیماهای دارای موتور جت کرد. پس از جنگ، به کمک دانشمندان منتقل شده‌ی آلمانی، نمونه‌ی اصلاح‌شده‌ای از موشک ۲ـ V را، که از آلمان‌ها به غنیمت گرفته شده بود، ساخت و مسئولیت تولید بخش موشک‌های قاره‌پیمای شوروی را به‌عهده گرفت. او طراحی ماهواره‌ی اسپوتنیک و فضاپیماهای سرنشین‌دار وُستوک، وُسخود و سویفر را نیز عهده‌دار بود.

فرد ویپل

۲۰۰۴ - ۱۹۰۶ میلادی

این اخترشناس آمریکایی، پیش از آن‌که در سال ۱۹۳۱ به دانشگاه هاروارد در ماساچوست برود، در کالیفرنیا تحصیل می‌کرد. در سال ۱۹۵۰ استاد اخترشناسی هاروارد و در سال ۱۹۵۵ مدیر رصدخانه‌ی اخترفیزیکی اسمیتسونی شد. او، به‌غیر از کشف ۶ دنباله‌دار، در سال ۱۹۵۱ این فرض را مطرح کرد که هسته‌ی یک دنباله‌دار توپ بزرگی از برف و غبار است که هنگامی که بر اثر گرمای نواحی داخلی منظومه‌ی شمسی گرم می‌شود، سطح آن تصعید خواهد شد. او به بررسی مدار شهاب‌ها و فضاپیماها و چگونگی تأثیر چگالی و دمای لایه‌ی فوقانی جوّ زمین بر مدار آن‌ها نیز پرداخت.



سوبرامانیان چاندراسکار

۱۹۹۵ - ۱۹۱۰ میلادی

اخترفیزیک‌دان هندی که تحصیلات خود را، پیش از مهاجرت به آمریکا در سال ۱۹۳۶، در مَدرَس و انگلستان دنبال کرد. در سال ۱۹۸۳ جایزه‌ی نوبل فیزیک را برای تحقیقات در زمینه‌ی مرگ ستاره‌ها دریافت کرد. او به این واقعیت پی برد که کوتوله‌ی سفیدی که بیش از ۱/۴ خورشید جرم داشته باشد، بر رمبش گرانشی خود غلبه نمی‌کند و سرانجام به ستاره‌ی نوترونی یا سیاه‌چاله تبدیل می‌شود.

برنارد لاوِل

متولّد ۱۹۱۳ میلادی



در جنگ دوم جهانی، لاول سیستم رادارهای ناوبری را برای بمباران‌هایی توسعه داد که نمی‌شد در تعیین هدف به چشم متوسل شد. پس از جنگ، این مرد انگلیسی پیش‌گام رصد راداری شهاب‌ها در دانشگاه منچستر شد. در سال ۱۹۴۹، توانست سرمایه‌ای را برای ساخت تلسکوپ رادیویی ۷۶ متری جودرل‌بَنک در نزدیکی منچستر تهیه کند. ساخت این رصدخانه در سال ۱۹۵۱ آغاز و در سال ۱۹۵۷، درست هنگام پرتاب اسپوتنیک ۱، تکمیل شد و لاول توانست آن‌را به شکل رادیویی ردیابی کند. این موضوع سرمایه‌ی بیش‌تری جذب کرد. او بیش از ۳۰ سال مدیر رصدخانه‌ی جودرل‌بَنک بود.

ورنر فون براون

۱۹۷۷ - ۱۹۱۲ میلادی



مهندس آلمانی فن‌آوری موشک که موشک‌های ۲ـV و پرتاب‌گر عظیم ساترن ۵ را برای مأموریت فتح ماه طراحی کرد. کارهای فون براون در زمینه‌ی موتورهای موشکی در دهه‌های ۱۹۳۰ باعث شد به سِمَت مدیر فنی تأسیسات موشکی پینه‌موندِه، جایی که در خلال جنگ دوم جهانی موشک‌های سوخت مایع ۲ـ V را ساخت، انتخاب شود. در فاصله‌ی سال‌های ۱۹۴۲ و ۱۹۴۵، بیش از ۵هزار موشک ۲ـV ساخته شد. بعد از جنگ، ارتش آمریکا فون براون را برای کار در نیومکزیکو انتخاب کرد. در آن‌جا، او موشک ردِاستون را طراحی کرد که در سال ۱۹۵۸ اکسپلورر ۱ یا نخستین ماهواره‌ی آمریکا را در مدار قرار داد. در سال ۱۹۶۱، نیز آلن شپرد را در نخستین مأموریت زیرمداری سری مرکوری به فضا برد. در سال ۱۹۶۰، فون براون مسئول مرکز فضایی مارشال در آلاباما شد و موشک ساترن ۵ را طراحی کرد که در برنامه‌ی آپولو برای اعزام انسان به ماه از آن استفاده شد.

فرد هویل

۱۹۱۵-۲۰۰۱ میلادی



اخترفیزیک‌دان انگلیسی که نشان داد چگونه ستاره‌ها عناصر متفاوتی تولید می‌کنند و اعلام کرد جهان در حالتی پایدار قرار دارد. هویل، به جز ۱۰ سالی که در رصدخانه‌ی پالومار در کالیفرنیا کار کرد، به فعالیت در دانشگاه کمبریج در انگلستان مشغول بود. در پالومار، همکار ویلیام فولر (۱۹۹۵ - ۱۹۱۱) بود. آن‌دو در سال ۱۹۵۷ نشان دادند که چگونه عناصری مانند لیتیوم، کربن، اکسیژن و آهن درون ستاره‌ها تولید می‌شوند. هنگامی که ستاره‌های عظیم سرانجام بر اثر انفجارهای اَبَرنواختری منهدم می‌شوند، این عناصر در فضا پراکنده و در ستاره‌های نسل‌های بعدی بازیافت می‌شوند. در سال ۱۹۴۸، هویل، توماس گلد و هرمان بوندی نظریه‌ی عالم پایدار را مطرح کردند. هویل مخالف سرسخت نظریه‌ی مهبانگ یا انفجار بزرگ بود. نظریه‌ی حالت پایدار آن‌ها پس از کشف تابش زمینه‌ی کیهانی در سال ۱۹۶۵، که نشانه‌ای از انفجار بزرگ بود، از سوی بسیاری کنار گذاشته شد.

آلن شلندیج

متولّد ۱۹۲۶ میلادی

این اخترشناس آمریکایی رصدخانه‌های مونت ویلسون و مونت پالومار کالیفرنیا، کار خود را در سمت دستیاری ادوین هابل آغاز کرد. در سال ۱۹۶۰، همراه با اخترشناس کانادایی، تام متیوس، نخستین بار با رصد اپتیکی و غیررادیویی به شناسایی اختروش‌ها پرداخت. در سال ۱۹۶۵ نخستین اختروش بی‌صدا (بدون امواج رادیویی) را کشف کرد. در حقیقت، فقط یک مورد از هر ۲۰۰ اختروش تابش‌های رادیویی دارند. اندازه‌گیری‌های او از فواصل کهکشان‌ها نشان داد که سرعت انبساط عالم، از آن‌چه پیش‌تر فرض می‌شد، کمتر است.

یوزف نسلکوفسکی

۱۹۱۶ - ۱۹۸۵ میلادی

اخترشناس اوکراینی که در سال ۱۹۵۳، بخش اخترشناسی رادیویی مؤسسه‌ی اخترشناسی روسیه را بنیان نهاد. او از نخستین کسانی بود که این نظریه را مطرح کرد که الکترون‌های چرخانی که به دام میدان‌های مغناطیسی جرم‌های آسمانی می‌افتند، امواج رادیویی با طول موج بلند تولید می‌کنند که به تابش سینکروترون معروف است.

جان گِلِن

متولّد ۱۹۲۱ میلادی

گلن نخستین آمریکایی‌ای بود که در سال ۱۹۶۲ در پروازی ۵ ساعته سه دور مدار زمین را طی کرد. در سال ۱۹۶۴، پس از بازنشستگی از برنامه‌های فضایی، وارد سیاست شد و ده سال بعد به مقام سناتوری ایالت اوهایو رسید. در سال ۱۹۹۸ بار دیگر با شاتل فضایی به فضا رفت تا لقب سال‌خورده‌ترین فضانورد را از آن خود کند.



نیل آرمسترانگ

متولّد ۱۹۳۰ میلادی

خلبان نیروی هوایی آمریکا و فرمانده مأموریت آپولو ۱۱ و نخستین انسانی که در بیست‌ویکم ژوییه‌ی سال ۱۹۶۹ قدم بر سطح ماه گذاشت. زمانی که بر ماه گام گذاشت، گفت: «این گامی کوچک برای یک انسان و جهشی بزرگ برای بشر است.» او در سال ۱۹۷۱ ناسا را ترک کرد و پیش از آن‌که وارد کارهای تجاری شود، به تدریس در دانشگاه پرداخت.

آرتور سی. کلارک

۱۹۱۷ - ۲۰۰۸ میلادی



این نویسنده‌ی بزرگ علمی - تخیلی انگلیسی، در سال ۱۹۴۵ امکان استفاده از ماهواره‌هایی در مدار زمین‌ثابت، حدود ۳۵۸۰۰ کیلومتری سطح زمین، را برای کاربردهای مخابراتی مطرح کرد. چنین ماهواره‌هایی، که امروز بسیار فراوان‌اند، با دوره‌ای برابر چرخش زمین دور سیاره می‌گردند و همواره بالای یک نقطه‌ی زمین ثابت‌اند. بر این اساس، ماهواره‌ای بر فراز اقیانوس اطلس علائم تلویزیونی و تلفنی را میان اروپا و آمریکای شمالی مخابره می‌کند. این فن‌آوری در آن هنگام در دسترس نبود؛ اما امروزه استفاده از ماهواره‌های زمین‌ثابت به جزیی از زندگی روزمره‌ی ما بدل شده است.

آلن شپرد

۱۹۲۳ - ۱۹۹۸ میلادی

این خلبان آزمایشی ارتش آمریکا، نخستین آمریکایی‌ای بود که به فضا رفت. در این پرواز زیرمداری، کپسول مرکوری حامل او تا ۱۸۰ کیلومتری سطح زمین بالا رفت. سپس در فاصله‌ی ۴۸۵ کیلومتری از محل پرتاب، در کیپ کندی فلوریدا در اقیانوس اطلس فرود آمد. او در سال ۱۹۷۱، زمانی‌که فرمانده مأموریت آپولو ۱۴ به مقصد ماه بود، دوباره به فضا بازگشت.

ادوین (باز) آلدرین

متولّد ۱۹۳۰ میلادی

فضانورد آمریکایی که هدایت مدول مه‌نشین مأموریت آپولو ۱۱ را به‌عهده داشت و در بیست‌ویکم ژوییه‌ی سال ۱۹۶۹ دومین انسانی بود که قدم بر ماه گذاشت. آلدرین مهندس و دارای مقام مذهبی در کلیسای پرسبیتری بود. در نوامبر سال ۱۹۶۶، در مأموریت جمینی ۱۲، رکوردی ۵ ساعته برای راه‌پیمایی فضایی از خود برجای گذاشت.



آنتونی هِویش

متولّد ۱۹۲۴ میلادی



اخترشناس امواج رادیویی اهل انگلستان که نوسان‌های منابع رادیویی را بررسی می‌کرد. او به دنبال یافتن راهی برای ترکیب علائم دریافتی از دو تلسکوپ رادیویی مستقل بود که سبب می‌شد قدرت آشکارسازی مجموع دستگاه، به اندازه‌ی یک بشقاب مستقل به قطر فاصله‌ی میان دو بشقاب جدا از هم باشد (روش تداخل‌سنجی). در سال ۱۹۶۷، همراه با دانشجوی خود، خانم جاسلین بل برنل، موفق به کشف تپ‌اخترها شد. در سال ۱۹۷۴، هویش و مارتین رایل موفق به کسب جایزه‌ی نوبل فیزیک شدند.

فرانک دریک

متولّد ۱۹۳۰ میلادی

اخترشناس پرتوهای رادیویی اهل آمریکا در دهه‌ی ۱۹۶۰ و پیش‌تاز استفاده از تلسکوپ‌های رادیویی برای گوش دادن به علائم احتمالی حیات هوش‌مند فرازمینی. این طرح در سال ۱۹۷۴ به کمک تلسکوپ رادیویی آرسیبو در پورتوریکو ادامه یافت. دریک، که از بنیان‌گذاران طرح ستی یا جست‌وجوی هوش‌مندان فرازمینی است، معادله‌ای را فرمول‌بندی کرد که تعداد تمدن‌های دارای فن‌آوری ارتباطات در کهکشان را در هر زمان تخمین می‌زند و اکنون به رابطه‌ی دریک معروف است.



جان یانگ

متولّد ۱۹۳۰ میلادی

فضانورد آمریکایی که در نیروی دریایی ارتش، در مقام خلبان آزمایشی تمرین دیده بود. در سال ۱۹۶۵، او با فضاپیمای جمینی ۳، نخستین مأموریت فضایی آمریکا، با دو سرنشین، پرواز کرد. پس از پرواز با جمینی ۱۰ در سال ۱۹۶۹، ۳۱ بار همراه فضاپیمای آپولو ۱۰، در مداری دور ماه گشت که نوعی مأموریت تمرینی برای فرود آپولو بر سطح ماه بود. او در سال ۱۹۷۲، فرمانده آپولو ۱۶ بود و سه بار بر سطح ماه راه‌پیمایی کرد. در آوریل سال ۱۹۸۱ نیز فرمانده نخستین پرواز فضایی بود.

آرنو پنزیاس

متولّد ۱۹۳۳ میلادی

در دوره‌ی کودکی از آلمان تحت حکومت نازی‌ها فرار و به آمریکا مهاجرت کرد. در سال ۱۹۶۱، با سمت مهندس رادیویی، به آزمایشگاه تلفن بل پیوست. در سال ۱۹۶۵، در حالی که با همکارش، رابرت ویلسون، با آنتن رادیویی عجیب گوش‌مانند و ابتکاری خود مشغول بررسی تداخل‌های رادیویی بودند، موج رادیویی ضعیفی کشف کردند که از همه‌ی جهات به زمین می‌رسید. منبع این موج دمایی معادل ۲۷۰- درجه‌ی سانتی‌گراد داشت و خیلی زود مشخص شد باقی‌مانده‌ای از تشعشع داغ تابش مهبانگ یا انفجار بزرگ است. در سال ۱۹۷۸، پنزیاس و ویلسون جایزه‌ی نوبل فیزیک را برای این کشف دریافت کردند.

کارل ساگان

۱۹۳۴ - ۱۹۹۶ میلادی

اخترشناس آمریکایی که بیش‌تر فعالیت‌هایش بررسی جوّ سیاره‌های متمرکز بود. در دهه‌ی ۱۹۶۰، پیش از فرود کاوش‌گرهایی بر سطح زهره، بر اساس محاسبات و داده‌ها نتیجه گرفت که دمای سطحی سیاره‌ی زهره به سبب اثر گازهای گل‌خانه‌ای در جوّ آن بسیار زیاد است. او جوّ اولیه‌ی زمین و راه‌های شکل‌گیری حیات روی آن‌را بررسی کرد. ساگان به سبب تلاش‌هایش برای عمومی کردن علم، بسیار مشهور است. او در دهه‌ی ۱۹۸۰ مجموعه‌ی تلویزیونی کاسموس (کیهان) را اجرا می‌کرد که میلیون‌ها بیننده در سراسر جهان پیدا کرده بود.

یوری گاگارین

۱۹۳۴ - ۱۹۶۸ میلادی

در دوازدهم آوریل سال ۱۹۶۱، این کیهان‌نورد شوروی سابق، نخستین انسانی بود که به مدار زمین و به فضا پرواز کرد. مدت این پرواز فقط یک دور مداری بود و در آن فضاپیمای حامل او، وستوک ۱، به ارتفاع ۳۴۴ کیلومتری سطح زمین رسید. گاگارین ۱۰۸ دقیقه را در فضا سپری کرد و برخلاف پیش‌بینی، ناچار شد ۷ کیلومتر آخر مسیر خود را به زمین، با چتر نجات فرود آید. او ۷ سال بعد بر اثر سانحه‌ای هوایی در یک پرواز تمرینی، در حالی کشته شد که خود را برای سفر مجدد به فضا آماده می‌کرد.



رابرت ویلسون

متولّد ۱۹۳۶ میلادی

این فیزیک‌دان آمریکایی متولّد هیوستون، در سال ۱۹۳۶ به آزمایشگاه مخابراتی بل در نیوجرسی پیوست. با آرنوپنزیاس در پی کاهش اختلالات رادیویی، یک آنتن بزرگ بوقی‌شکل و گوش‌مانند ساخت. این‌دو در سال ۱۹۶۵ تابش‌های رادیویی «مزاحمی» را، که از تمام جهات آسمانی به زمین می‌رسید، کشف کردند. این تابش از منبعی با دمای ۲۷۰ـ درجه‌ی سانتی‌گراد ناشی می‌شد که بازمانده‌ی تابش گرم ناشی از مهبانگ بود. او و پنزیاس در سال ۱۹۷۸ جایزه‌ی نوبل فیزیک را بردند.

والنتینا ترشکوا

متولّد ۱۹۳۷ میلادی

کارگر سابق کارخانه‌ی پارچه‌بافی و چترباز آماتور روس، نخستین زن تاریخ بود که به فضا سفر کرد. در ژوئن سال ۱۹۶۳، سوار بر فضاپیمای وستوک ۶ در پروازی ۷۱ ساعته، ۴۸ بار به دور زمین چرخید. سپس ۱۹ سال طول کشید تا دومین زن فضانورد به فضا برود. ترشکوا در سال ۱۹۶۳ ازدواج کرد و پس از آن‌که صاحب فرزند شد، تا سال ۱۹۶۹ به تمرین‌های فضانوردی خود ادامه داد.

والری پولیاکوف

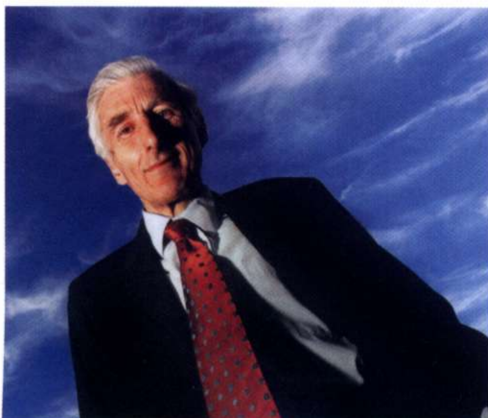
متولّد ۱۹۴۲ میلادی

کیهان‌نورد و پزشک روس که دو رکورد جهانی را در اختیار دارد: بیش‌ترین مدت حضور در فضا و طولانی‌ترین اقامت به‌تنهایی در فضا. او روز بیست‌ونهم اوت سال ۱۹۸۸ با فضاپیمای سایوز TM_۶ به ایستگاه مداری میر سفر کرد و ۲۴۱ روز آن‌جا ماند. بار دیگر، هشتم ژانویه‌ی سال ۱۹۹۴ به ایستگاه فضایی میر بازگشت و این بار ۴۳۸ روز در ایستگاه ماند. متخصصان در مورد او به آزمون پزشکی منحصربه‌فردی دست زدند: پیش از مأموریت بخشی از مغز استخوان او را برداشتند تا پس از بازگشت و نمونه‌برداری مجدد، اثر بی‌وزنی را بر این ساختار مهم بدن تعیین کنند.

مارتین ریس

متولّد ۱۹۴۲ میلادی

مهم‌ترین فعالیت مارتین ریس، دانش‌آموخته‌ی دانشگاه کمبریج، بررسی نواحی مرکزی کهکشان‌های فعال و بررسی چگونگی اندرکنش فوران مواد مرکز این کهکشان‌ها با ماده‌ی میان‌ستاره‌ای اطراف است. او مقاله‌های زیادی درباره‌ی کیهان‌شناسی و ماده‌ی تاریک کیهان نوشته است. ریس یکی از فعال‌ترین ترویج‌دهندگان علم در میان عامه‌ی مردم است.



استفان هاوکینگ

متولّد ۱۹۴۲ میلادی

فیزیک‌دان نظری انگلیسی که با وجود سال‌ها فلج بودن و ضایعه‌ی دستگاه عصبی بدنش، عمر خود را صرف بررسی رفتار ماده در نزدیکی سیاه‌چاله‌ها کرده است. اخترشناسان گمان می‌کردند هیچ چیز از دام گرانش سیاه‌چاله نمی‌گریزد؛ اما هاوکینگ نشان داد که تابش گرمایی خاصی از سیاه‌چاله‌ها به بیرون می‌تابد. کتاب تاریخچه‌ی مختصر زمان او یکی از پرفروش‌ترین کتاب‌های علمی جهان است.



جاسلین بل برنل

متولّد ۱۹۴۳ میلادی

اخترشناس انگلیسی که در دوره‌ی دانشجویی خود در کمبریج موفق به کشف تپ‌اخترها شد. در ششم اوت سال ۱۹۶۷، در حالی که سرگرم رصد تغییرات سریع امواج یک منبع رادیویی و در حال جست‌وجوی اختروش‌ها بود، موج رادیویی غیر معمولی پیدا کرد که تپی با تناوب دقیق ۱/۳۳۷ ثانیه یک‌بار تولید می‌کرد. این تپش‌های رادیویی (غیر طبیعی)، که ابتدا تصور شد پیامی از هوش‌مندان کره‌های دیگر است، تپش ستاره‌ای نوترونی (تپ‌اختر) بود. ستاره‌ای کمی پُرجرم‌تر از خورشید که شعاعی در حدّ چند کیلومتر دارد.

جیل تارتر

متولّد ۱۹۴۴ میلادی

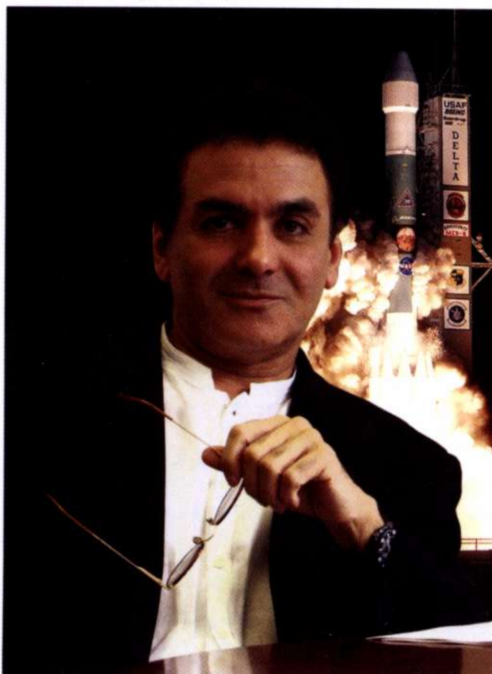
این اختر فیزیک‌دان آمریکایی پس از رها کردن جست‌وجوی کوتوله‌های قهوه‌ای، نخستین اخترشناس رادیویی شد که در ابتدای دهه‌ی ۱۹۷۰ تمام‌وقت به جست‌وجوی علائم هوش‌مندان فرازمینی پرداخت. او، در سمت مدیر طرح ققنوس، از یک تحلیل‌کننده‌ی چندکاناله استفاده کرد و امواج دریافتی از تلسکوپ‌های رادیویی بزرگ را گرفت و هم‌زمان در چند فرکانس به این امواج گوش کرد تا شاید پیامی از دل آن‌ها کشف کند. این طرح بعدها در قالب طرح ستی دنبال شد.



فیروز نادری

متولّد ۱۹۴۶ میلادی / ۱۳۲۵ هجری شمسی

مدیر علمی موفق پروژه‌های فضایی کاوش مریخ، شناخت منظومه‌ی شمسی در آزمایشگاه جت پروپالشن ناساست. او در سال ۱۳۲۵ در شیراز متولّد شد و پس از دریافت دیپلم در تهران، دوره‌ی دانشگاهی خود را در آمریکا گذراند و دکترای الکترونیک گرفت. کارهای فضایی را با طراحی سیستم‌های مخابرات بین‌المللی آغاز کرد. سپس با گرایش به رشته‌ی مهندسی سیستم، وارد مدیریت‌های کلان علمی شد. دوره‌ی موفقیت‌آمیزی را در مدیریت طرح بزرگ منشأ (GENESIS) برای شناخت بیش‌تر منشأ پیدایش منظومه‌ی شمسی و حیات زمین به کمک کاوش‌گرهای فضایی و ماهواره‌ها گذراند. سپس مدیر مأموریت‌های مریخ شد که در دوره‌ی او، دو مریخ‌نورد ناسا، که کار آن‌ها بسیار موفقیت‌آمیزتر از پیش‌بینی‌ها بود، ساخته و ارسال شد. نادری جوایز بسیاری از سوی ناسا و مراکز بین‌المللی گرفته است که مدال مشاهیر فن‌آوری فضایی و جایزه‌ی لیبرال (برای شخصیت‌های تأثیرگذار بر جهان) از جمله‌ی آن‌هاست. او پس از مدیریت مأموریت‌های مریخ، در گامی دیگر، مدیر برنامه‌ریزی و راهبردی پروژه‌های آزمایشگاه جت پروپالشن شد.



فرهاد یوسف‌زاده

متولّد ۱۹۵۴ میلادی / ۱۳۳۳ هجری شمسی

اخترفیزیک‌دان ایرانی که اکتشافات جالب توجه و پیش‌گامانه‌ای در شناخت مرکز کهکشان و تحول ستاره‌ها انجام داده است، متولّد سال ۱۳۳۵ در تهران است. او از کودکی به آسمان شب علاقه‌مند بود. دکترای خود را در اخترشناسی رادیویی از دانشگاه کلمبیا در امریکا گرفت و مدتی در بخش اخترفیزیک مرکز پروازهای فضایی گادرد ناسا، کار نظری انجام داد. او با تحلیل نظری داده‌های رادیویی مرکز کهکشان، به بررسی بیش‌تر منبع رادیویی قوس A، که قرص گاز و غبار اطراف اَبَرسیاه‌چاله‌های مرکز کهکشان است، علاقه‌مند شد و برای این کار امکان استفاده از آرایه‌ی تلسکوپ‌های VLA (آرایه‌ی بسیار بزرگ) در نیومکزیکو برای او فراهم آمد. به کمک این مجموعه شامل ۲۷ تلسکوپ عظیم، که کار با آن برای هر اخترشناسی افتخار است، گروه یوسف‌زاده ساختارهای تازه‌ای در قلب کهکشان پیدا کردند و به نخستین تخمین دقیق از جرم سیاه‌چاله‌ی مرکز کهکشان دست یافتند (حدود ۲/۵میلیون برابر جرم خورشید). یوسف‌زاده بررسی قلب کهکشان را با تلسکوپ فضایی پرتو ایکس چاندرا و تلسکوپ‌های رادیویی دیگری نیز ادامه داد و به بررسی مدل‌های پیدایش ستاره‌ها و کاوش سحابی‌های بازمانده‌ی اَبَرنواختری پرداخت. او استاد دانشگاه نورت وسترن است و در کنار تحقیقات، به ترویج علم میان مردم نیز می‌پردازد.



آلن گات

متولّد ۱۹۴۷ میلادی

فیزیک‌دان متخصص ذرات، اهل آمریکا که به کیهان‌شناسی تغییر رشته داد. در سال ۱۹۷۹ نظریه‌ی تورم را بنیان نهاد که برمبنای آن، عالم در مدت کسری از ثانیه (۳۳ـ ۱۰ ثانیه) و درست بلافاصله پس از مهبانگ، از اندازه‌ی یک پروتون به اندازه‌ی یک پرتقال درشت رسیده است. در این ساختار، فضا ـ زمان در همه‌ی جهات به‌طور یکسان گسترش پیدا کرده‌اند.

واژه‌نامه

یادآوری: کلماتی که با حروف سیاه چاپ شده‌اند، خود، مدخل هستند.

آلودگی نوری
Light Pollution
تابشی در آسمان که نور چراغ‌های خیابان و آلودگی‌های جوّی مسبب آن‌اند و دید رصدگران را از جرم‌های کم‌فروغ محدود می‌کند.

ابر اُرت
Oort Cloud
توده‌ی کروی عظیمی از خرده‌سیاره‌های یخی، به پهنای حدود ۱/۶ سال نوری که خورشید و سیاره‌ها را احاطه کرده است. این منطقه شامل میلیاردها هسته‌ی دنباله‌دار است.

ابر ملکولی
Molecular Cloud
ابری میان‌ستاره‌ای که بیش‌تر از ملکول‌های هیدروژن و کمی از ملکول‌های دیگر مانند مونوکسید کربن تشکیل شده است.

اتم
Atom
کوچک‌ترین بخش یک عنصر که از سه نوع ذره‌ی زیراتمی ساخته شده است: پروتون، نوترون و الکترون.

اثر دوپلر
Doppler Effect
تغییر فرکانس (بسامد) امواجی (صوت یا تابش) که در حین دور شدن منبع موج از ناظر یا نزدیک شدن به او، اتفاق می‌افتد.

اثر گل‌خانه‌ای
Greenhouse Effect
افزایش دما که به سبب به دام افتادن حرارتِ بازتاب شده از سطح سیاره به فضا به وسیله‌ی گازهایی مانند دی‌اکسید کربن، متان و بخار آب، در جوّ آن رخ می‌دهد.

اجرام اعماق آسمان (ژرفاسمان)
Deep-sky Objects
واژه‌ای کلی برای سحابی‌ها، خوشه‌های ستاره‌ای و کهکشان‌ها و دیگر اجرام بسیار دور.

اختفا
Occultation
عبور یک جرم سماوی با زاویه‌ای بزرگ‌تر، از مقابل جرمی دیگر با اندازه‌ی ظاهری کوچک‌تر که سبب پنهان شدن آن می‌شود؛ مثلاً وقتی ماه روی ستاره‌ای دوردست را می‌پوشاند، اختفا رخ می‌دهد.

اسطرلاب
Astrolabe
ابزار نجومی قدیمی که برای اندازه‌گیری و پیش‌بینی موقعیت و حرکت اجسام در آسمان از آن استفاده می‌شد.

اکسیژن
Oxygen
عنصری حیاتی برای گسترش حیات که در کیهان جزو عناصر سنگین فراوان است. اکسیژن ۲۰درصد از جوّ زمین را تشکیل می‌دهد.

الکترون
Electron
نگاه کنید به اتم.

انتقال به آبی
Blue shift
انتقالی در خطوط طیفی به سوی انتهای آبی طیف. این انتقال، نشان می‌دهد که جسم گسیل‌کننده‌ی این تابش در حال نزدیک شدن به ماست. (اثر دوپلر)

انرژی تاریک
Dark Energy
نگاه کنید به ثابت کیهان‌شناختی.

انفجار بزرگ (مِهبانگ)
Big Bang
حادثه‌ای ناگهانی که حدود ۱۳/۷ میلیارد سال پیش به تولّد کیهان منجر شد.

اوج
Aphelion
نقطه‌ای در مدار یک جسم که در آن‌جا بیش‌ترین فاصله را از خورشید دارد.

اوج زمینی
Apogee
دورترین نقطه‌ای که ماه یا ماهواره‌ای مصنوعی در مدار زمین به آن می‌رسد.

بازوی محلی
Local Arm
هم‌چون بازوی جبّار، یکی از بازوهای مارپیچی کهکشان راه شیری که خورشید و ما در حاشیه‌ی آن قرار داریم.

بلازار
Blazar
کهکشانی فعال و هم‌خانواده‌ی اختروش که با زاویه‌ای خاص قرار گرفته است؛ به‌طوری که از روی زمین تابش‌هایی را می‌بینیم که مستقیم از مرکز بسیار پرانرژی آن ارسال می‌شود.

پادماده
Antimatter
ماده‌ای ساخته شده از ذرات زیراتمی با ویژگی‌های مساوی و متضاد از نظر بار الکتریکی، در مقایسه با ماده‌ی عادی.

پارسِک
Parsec
فاصله‌ای که در آن ستاره یا هر جسم دیگری دارای اختلاف منظر یک ثانیه‌ی قوس است. این فاصله‌ی قراردادی برابر است با ۳/۲۶ سال نوری.

پرتو کیهانی
Cosmic Ray
ذره‌ای کوچک و پُرسرعت با بار الکتریکی که از فضا می‌آید.

پرتوهای گاما
Gamma Rays
بخشی از تابش الکترومغناطیس با طول موج بسیار کوتاه که پُرانرژی‌ترین جرم‌های کیهان آن‌را ارسال می‌کنند.

پوسته
Crust
لایه‌ی سنگی یا یخی سطح یک سیاره یا قمر.

تابش الکترومغناطیس
Electromagnetic Radiation
امواج انرژی که فوتون‌هایی آن‌ها را حمل می‌کنند و می‌توانند از میان فضا و ماده عبور کنند. این تابش با سرعت نور حرکت می‌کند و شامل پرتوهای گاما (کوتاه‌ترین و پرانرژی‌ترین طول موج) تا امواج رادیویی (بلندترین و کم‌انرژی‌ترین طول موج) است.

تابش زمینه‌ی کیهانی
Background Radiatieu
تابش رادیویی بسیار ضعیفی که از سراسر آسمان ارسال می‌شود و باقی‌مانده‌ی تابش انفجار بزرگ است.

تاج
Corona
لایه‌ی بالایی و بسیار داغ جوّ خورشید که فقط در زمان خورشیدگرفتگی کامل به شکل هاله‌ای کم‌نور دیده می‌شود. این لایه در جوّ هر ستاره‌ی دیگری نیز تاج نام دارد.

اختلاف منظر
Parallax
تغییری ظاهری در موقعیت جسمی نزدیک نسبت به زمینه‌ی دوردست، وقتی که از دو نقطه‌ی متفاوت دیده شود. اخترشناسان از تفاوت منظر دو سوی مدار زمین برای سنجش فاصله‌ی ستاره‌های نزدیک استفاده می‌کنند.

تورم
Inflation
دوره‌ای از انبساط سریع که در کمتر از یک ثانیه پس از انفجار بزرگ رخ داد.

ثابت کیهان‌شناختی
Cosmologial Constant
ممکن است یکی از ویژگی‌های پنهان فضا، که نخستین بار اینشتین وجود آن را در روابط خود یافت، انرژی خلأ یا خود فضای در حال انبساط باشد و سبب نوعی نیروی پادگرانش یا انرژی تاریک شود که به انبساط کیهان شتاب دهد.

ثابت هابل
Hubble Constant
شتاب انبساط کیهان که بر حسب کیلومتر بر ثانیه به ازای هر میلیون پارسک دورتر عنوان می‌شود.

ثانیه‌ی قوس
Arc Second
واحدی که اخترشناسان برای اندازه‌گیری اندازه یا جدایی جرم‌ها در آسمان از آن استفاده می‌کنند. یک ثانیه‌ی قوس برابر با $\frac{۱}{۳۶۰۰}$ درجه است.

جِرم
Mass
میزان ماده‌ی موجود در یک جسم یا میزان تأثیرپذیری آن از گرانش.

جرم سماوی
Celestial Object
هر جسمی که در آسمان می‌بینیم، از جمله سیاره‌ها، ستاره‌ها و کهکشان‌ها جرم سماوی است.

جوّ
Atmosphere
لایه‌ای از گاز که گرانش یک سیاره یا قمر دور آن نگه‌می‌دارد. لایه‌های خارجی یک ستاره پس از نورسپهر آن نیز جوّ نامیده می‌شوند.

چاه گرانشی
Gravitational Well
انحنای فضا و زمان که به سبب گرانش جسمی پُرجرم، مانند یک ستاره، رخ می‌دهد.

چشم غیر مسلح (چشم برهنه)
Naked Eye
دید چشم انسان بدون کمک ابزارهای رصد. واژه‌ی غیر مسلح برای هر جرمی به‌کار می‌رود که باید در وضعیت خوبی برای رصدگری معمولی باشد.

چشمی
Eyepiece
عدسی کوچک و معمولاً قابل تعویضی است که در انتهای تلسکوپ برای دیدن تصویر آن نصب می‌شود. چشمی، تصویری را که آینه یا عدسی اولیه می‌سازد، بزرگ می‌کند.

خط جذبی
Absorption Line
خطی تیره در طیف که به سبب جذب تابش طول موجی خاص، به وسیله‌ی اتم‌ها شکل می‌گیرد. اخترشناسان از خطوط جذبی برای شناسایی عناصر در ستاره‌ها و کهکشان‌ها استفاده می‌کنند.

خط نشری
Emission Line
خطی درخشان در طیف یک جسم که اتم‌هایی آن‌را ایجاد می‌کنند که در طول موجی خاص انرژی رها می‌کنند. خطوط نشری معمولاً از گاز داغ در یک سحابی یا ستاره سرچشمه می‌گیرند.

خورسپهر (خورشیدکره)
Heliosphere
فضای درون شعاع ۱۰۰ واحد نجومی از خورشید که منطقه‌ی اثرگذاری باد خورشیدی است.

خوشه‌ی ستاره‌ای
Cluster stellar
مجموعه‌ای از ستارگان که به صورت توده‌ای انبوه و درخشان تحت تأثیر گرانش متقابل دور یک‌دیگر گرد آمده‌اند.

خوشه‌های کهکشانی
Galaxy Cluster
گروهی از کهکشان‌ها که در اثر گرانش کنار هم جمع شده‌اند.

خوشه‌ی باز
Open Cluster
خوشه‌ی ستاره‌ای است با ستاره‌های کم تراکم و عمدتاً جوان.

خوشه‌ی کروی
Globular luster
خوشه‌ی ستاره‌ای است بسیار متراکم با ستاره‌های پیر و تقارن کروی.

دایرة‌البروج
Ecliptic
خطی فرضی دورتادور آسمان که حرکت ظاهری خورشید در طول یک سال روی آن اتفاق می‌افتد و بیش‌تر سیاره‌ها هم در نزدیکی آن دیده می‌شوند. در حقیقت، این خط، تصویر مدار زمین دور خورشید روی کره‌ی آسمان است.

درجه
Degree
واحد پایه برای اندازه‌گیری زوایا، $\frac{۱}{۳۶۰}$ یک دایره‌ی کامل.

درخشندگی
Luminosity
میزان انرژی ارسال شده از ستاره به صورت تابش در هر ثانیه. این کمّیت به نسبت درخشندگی خورشید نیز بیان می‌شود.

دریا
(جمع Maria) Mare:
ناحیه‌ی وسیع و تیره‌ای بر سطح ماه که در ابتدا تصور می‌شد دریاهایی روی ماه‌اند؛ اما حالا می‌دانیم که فرورفتگی‌های عظیمی هستند که مدت‌ها پیش از گدازه پر شده‌اند.

دنباله‌دار
Comet
جسمی کوچک از جنس یخ و غبار سنگی از نوع خرده‌سیاره‌ها. وقتی دنباله‌داری به خورشید نزدیک می‌شود، حرارت خورشید یخ‌ها را به گاز تبدیل می‌کند و سری گازی و درخشان و دم‌هایی از غبار و گاز می‌سازد.

دوتایی گرفتی
Eclipsing Binary
یک جفت ستاره در مداری به دور هم، به‌طوری که از دید زمین، ستاره‌ها از مقابل و پشت هم عبور کنند.

دوره‌ی تناوب مداری
Orbital Period
زمانی که طول می‌کشد تا یک جسم یک بار در مداری، دور جسم دیگر بگردد.

دهانه‌ی برخوردی
Crater
گودالی فنجان‌مانند بر سطح قمر یا سیاره که در اثر برخورد یک شهاب‌واره شکل گرفته است.

ذره
Particle
نگاه کنید به اتم.

راه شیری
Milky Way
نام کهکشانی که ما در آن ساکن هستیم و نوار شبح‌گونی از ستاره‌ها در آسمان، زمانی که در جهت صفحه‌ی کهکشانمان به آسمان نگاه می‌کنیم.

رُخ‌گرد
Libration
پدیده‌ای در چرخش ماه که باعث می‌شود رصدگران کمی بیش از نصف سطح آن‌را ببینند.

رشته‌ی اصلی
Main Sequence
ناحیه‌ای بر نمودار هرتسپرونگ ـ راسل که خورشید و بیش‌تر ستاره‌ها آن‌جا قرار دارند. ستاره‌ها روی رشته‌ی اصلی به کمک واکنش‌های هسته‌ای، که در آن‌ها هیدروژن به هلیوم تبدیل می‌شود، انرژی تولید می‌کنند و در حالتی تقریباً پایدارند.

رشته‌ی کیهانی
Filament
رشته‌ای از خوشه‌ها و اَبَرخوشه‌های کهکشانی که در پهنای وسیعی از فضا گسترده شده است. رشته‌ها و دیوارهای کیهانی بزرگ‌ترین ساختارها در عالم‌اند و با فضاهای عظیم خالی به نام تهی‌جا از هم جدا می‌شوند.

رُمبش
Collapse
فروریزش ناگهانی یک جرم روی خود بر اثر نیروی گرانش؛ مانند رمبش هسته‌ی ستاره و تبدیل آن به یک ستاره‌ی نوترونی یا سیاه‌چاله.

روشنایی
Brightness
نگاه کنید به درخشندگی و قدر.

ریزگرانش
Microgravity
گرانش بسیار کمی که در مدار زمین یا هر جرمی به سبب حرکت سقوط آزاد دائمی در مدار ایجاد می‌شود. ریزگرانش واژه‌ای بسیار دقیق‌تر از گرانش صفر یا بی‌وزنی است؛ زیرا حرکت فضاپیما همیشه در یک جهت، کمی گرانش تولید می‌کند.

ریزموج
Microwave
نوعی موج رادیویی که کوتاه‌ترین طول موج رادیویی را دارد و در مرز امواج فروسرخ است.

ریزموج زمینه
Microwave Background
نگاه کنید به تابش زمینه‌ی کیهانی.

سال نوری
Light Year
واحدی استاندارد در اندازه‌گیری‌های نجومی، بر اساس فاصله‌ای که نور با سرعت حدود ۳۰۰هزار کیلومتر بر ثانیه در مدت یک سال طی می‌کند؛ و تقریباً معادل ۹/۵ میلیون میلیون کیلومتر است.

ستاره‌ی چندتایی
Multiple Star
سه ستاره یا بیش‌تر که به سبب گرانش خود در مداری گرد هم در گردش‌اند.

ستاره‌ی دوتایی
Double Star
نگاه کنید به منظومه‌ی دوتایی.

ستاره‌ی دور قطبی
Circumpolar Star
هر ستاره‌ای که از مکان رصدگر به‌نظر می‌رسد غروب نمی‌کند و همواره دور قطب آسمان می‌گردد.

ستاره‌ی غول
Giant Star
ستاره‌ای که به آخرین مرحله‌ی تحول خود رسیده و ابعادش بزرگ شده، روشنایی‌اش افزایش یافته و رنگش تغییر کرده است. ستاره‌های خورشیدمانند به غول سرخ تبدیل می‌شوند؛ ستاره‌هایی با بیش از ۱۰ برابر جرم خورشید، به اَبَرغول تبدیل می‌شوند که درخشنده‌ترین ستاره‌های کیهان هستند.

ستاره‌ی نوترونی
Neutron Star
ستاره‌ای رُمبیده که عموماً از نوترون تشکیل شده است و فراوان‌ترین بازمانده‌ی انفجار اَبَرنواختری است.

سحابی
Nebula
ابری از گاز و غبار در فضا. سحابی‌ها زمانی پدیدار می‌شوند که نور ستاره‌ای را بازتاب دهند یا جلو نوری را که از پشت سرشان می‌آید، سدّ کنند یا از گرمای خود تابش کنند.

سرعت فرار
Escape Velocity
سرعتی که یک جسم باید داشته باشد تا بتواند از دام گرانش جسمی دیگر فرار کند. این سرعت به جرم جسم میزبان و فاصله‌ی جسم گریزان از مرکز گرانش بستگی دارد.

سی.سی.دی
CCD (Charged-Coupled Device)
کوتاه‌شده‌ی عبارتِ ابزار مزدوج‌کننده‌ی بار الکتریکی که ابزاری بسیار کارآمد برای ثبت تصاویر روی تراشه‌ی الکترونیک حساس به نور و ارائه‌ی تصویر به صورت دیجیتال است.

سیارک
Asteroid
جسمی سنگی ـ فلزی در فضا، از نوع خرده سیاره‌ها که اندازه‌ی آن‌ها از چند متر تا حدود ۹۰۰ کیلومتر متغیر است.

سیاره‌ی بیرونی
Outer planet
هر سیاره‌ای در منظومه‌ی شمسی که بیرون کمربند سیارک‌هاست، شامل چهار سیاره‌ی گازی غول‌پیکر.

سیاره‌ی درونی
Inner planet
هر سیاره‌ای در منظومه‌ی شمسی که درون کمربند سیارک‌هاست شامل چهار سیاره‌ی سنگی.

سیاره‌ی زیرین
Inferior planet
هر سیاره‌ای در منظومه‌ی شمسی که در مقایسه با زمین، در مدار نزدیک‌تری به خورشید قرار دارد، شامل عطارد و زهره.

سیاه‌چاله
Black Hole

یک جسم رُمبیده که گرانش در اطراف آن، آن‌قدر زیاد است که هیچ چیز، حتی نور، از آن نمی‌گریزد.

شفق قطبی
Aurora

تابش رنگارنگی، بیش‌تر سبز و قرمز، که در نواحی نزدیک قطب‌های زمین در آسمان دیده می‌شود. دلیل ایجاد این تابش، برخورد ذرات باردار باد خورشید با گازهای جوّ زمین است.

شهاب
Meteor

ردّی نورانی در آسمان (به آن تیر شهاب هم می‌گویند) که حاصل سوختن شهاب‌واره‌ای کوچک حین ورود به جوّ زمین است.

شهاب‌سنگ
Meteorite

شهاب‌واره‌ای که به سطح سیاره یا قمر برسد. ممکن است جایی که شهاب‌واره با سطح برخورد می‌کند، دهانه‌ای بسازد.

شهاب‌واره
Meteoroid

قطعاتی از سنگ و غبار از سیارک‌ها و دنباله‌دارها که در فضا پیدا می‌شوند.

صفر مطلق
Absolute Zero

کمترین دمای ممکن، برابر با ۲۷۳/۱۵- درجه‌ی سانتی‌گراد، دمای صفر در مقیاس کلوین.

صورت فلکی
Constellation

شکل‌هایی که ستاره‌ها در آسمان می‌سازند و بیش‌تر به نام شخصیت‌ها یا موجودات افسانه‌ای نام‌گذاری شده‌اند. امروزه اخترشناسان صورت‌های فلکی را مناطقی از آسمان محسوب می‌کنند، نه مجموعه‌ای از ستاره‌های منفرد.

عالم
Cosmos

واژه‌ی دیگری برای کیهان.

عنصر
Element

هریک از مواد پایه‌ی طبیعت که به کمک واکنش‌های شیمیایی تجزیه‌پذیر نیستند. هر عنصر ویژگی‌های منحصربه‌فردی دارد.

غبار
Dust

دانه‌های میکروسکوپی در فضا که نور ستاره را جذب می‌کنند یا بازتاب می‌دهند. غبار، «دوده‌ی» ستاره‌های سرد است که گاهی در ابرهای تیره‌ی عظیم، کنار هم جمع می‌شوند.

غول گازی
Gas Giant

سیاره‌ای عظیم، مانند مشتری که بیش‌تر از مواد گازی بسیار حجیم تشکیل شده است.

فاصله‌ی کانونی
Focal Length

فاصله‌ی بین عدسی یا آینه و نقطه‌ای که پرتوهای نوری ورودی در آن جمع شده و کانونی شده است.

فام‌سپهر (رنگ‌کره)
Chromosphere

پایین‌ترین لایه‌ی جوّ خورشید. این لایه به رنگ قرمز مایل به صورتی می‌درخشد؛ اما فقط زمانی می‌توان آن‌را دید که نورسپهر درخشان پوشیده شده یا در طول موج خاصی کم‌نور شده باشد.

فراخورشیدی
Extrasolar

جسمی که متعلق به خورشید نیست؛ خارج از منظومه‌ی شمسی.

فرازمینی (برون‌زمینی)
Extraterrestrial

چیزی که متعلق به زمین نیست. معمولاً در مورد گونه‌های حیات گفته می‌شود.

فرکانس (بَسامد)
Frequency

تعداد قله‌های امواج تابش الکترومغناطیس که در هر ثانیه از یک نقطه بگذرند.

فروسرخ
Infrared

تابش حرارتی یا نوعی از تابش الکترومغناطیس با طول موجی بلندتر از نور مرئی.

قدر
Magnitude

روشنایی جرمِ سماوی که با مقیاسی از اعداد بیان می‌شود. به اجسام پرنور اعداد کوچک (گاهی منفی) نسبت داده می‌شود و اجسام کم‌فروغ اعداد بزرگی دارند. هر یک قدر تفاوت برابر ۲/۵ بار تفاوت روشنایی است. قدر ظاهری میزان روشنایی جسم، آن طوری است که در آسمان زمین دیده می‌شود. قدر مطلق میزان روشنایی واقعی جسم است.

قدر ظاهری
Apparent Magaitude

نگاه کنید به قدر.

قرص بَرافزایشی
Accretion Disc

قرصی از مواد که با حرکتی مارپیچی به درون سیاه‌چاله‌ها می‌روند. چنین قرص‌هایی در اطراف ستاره‌های نوترونی، کوتوله‌های سفید و ستاره‌های جوان نیز پیدا شده است.

قلاب‌سنگ
Fly-By

روشی در مواجهه‌ی یک فضاپیما با یک سیاره، دنباله‌دار یا سیارک که در آن، فضاپیما قصد ورود به مداری به دور آن جسم یا فرود بر آن‌را ندارد و فقط با کمک گرانش آن در مداری دیگر قرار می‌گیرد یا بر سرعت حرکت خود می‌افزاید.

کانون
Focus

نقطه‌ای در تلسکوپ که پرتوهای نوری، که آینه یا عدسی اصلی جمع کرده است، در آن نقطه به هم می‌رسند و تصویر را شکل می‌دهند.

کربن
Carbon

یکی از معمولی‌ترین عناصر در کیهان که ستاره‌ها آن‌را تولید می‌کنند. کربن پایه‌ی همه‌ی انواع شناخته‌شده‌ی حیات است.

کره‌ی آسمان
Celestial sphere

کره‌ای فرضی که زمین را احاطه کرده است و به‌نظر می‌رسد جرم‌های سماوی روی آن قرار گرفته‌اند. اخترشناسان موقعیت ستاره‌ها را بر حسب میل (برابر عرض جغرافیایی) و بُعد (برابر طول جغرافیایی) آن‌ها بر کره‌ی آسمان می‌سنجیدند.

کمربند کویی‌پر
Kuiper Belt

ناحیه‌ای در منظومه‌ی شمسی شامل میلیون‌ها جسم یخی دنباله‌دارمانند. این ناحیه ورای مدار نپتون گسترده شده است و پلوتون را نیز شامل می‌شود.

کوتوله‌ی قهوه‌ای
Brown Dwarf

جسمی کوچک‌تر از ستاره، اما بزرگ‌تر از سیاره. این جسم تابش گرمایی تولید می‌کند؛ اما نور مرئی ندارد.

کهکشان
Galaxy

مجموعه‌ای شامل میلیون‌ها ستاره و گاز و غبار که در اثر گرانش کنار هم جمع شده‌اند. کهکشان‌ها خود نیز به صورت گروه‌ها و خوشه‌هایی جمع شده‌اند.

کهکشان بیضوی
Elliptical Galaxy

کهکشانی به شکل بیضی یا تقریباً دایره در آسمان و بدون بازوهای مارپیچی. کهکشان‌های بیضوی عموماً از ستاره‌های پیر تشکیل شده‌اند و شامل غبار و گاز بسیار اندکی هستند.

کهکشان فعال
Active Galaxy

کهکشانی با یک اَبَرسیاه‌چاله‌ی فعال در مرکز که مقدار عظیمی انرژی تولید می‌کند.

کهکشان مارپیچی میله‌ای
Barred Spiral Galaxy

کهکشانی با بازوهای مارپیچی که از طریق میله‌ی مستقیمی از ستاره و گاز، به برآمدگی مرکزی کهکشان متصل است.

کهکشان نامنظم
Irregular Galaxy

کهکشانی بدون هیچ شکل مشخص. کهکشان‌های نامنظم معمولاً کوچک، پُر از گاز و شامل ستاره‌های پیر و جوان‌اند؛ مانند ابرهای ماژلان.

گدازه
Lava

سنگ‌ها یا ماده‌ی مذابی که از درون سیاره یا قمر بیرون می‌آید.

گرانش
Gravity

نیروی جاذبه بین همه‌ی اجسامی که جرم دارند؛ مانند کشش بین زمین و ماه.

گرفت
Eclipse

پدیده‌ای حاصل از افتادن سایه‌ی یک جرم سماوی روی سطح دیگری. ماه‌گرفتگی زمانی رخ می‌دهد که سایه‌ی زمین روی ماه می‌افتد. خورشیدگرفتگی زمانی رخ می‌دهد که سایه‌ی ماه روی زمین می‌افتد.

گروه محلی
Local Group

خوشه‌ای از حدود ۵۰ کهکشان اغلب کوچک که کهکشان راه شیری و مسلسله، کهکشان‌های بزرگ آن هستند.

گشودگی دهانه
Aperture

قطر آینه یا عدسی اصلی تلسکوپ؛ مقیاسی برای سنجش میزان نوری است که جمع‌آوری می‌کند.

گوشته
Mantle

لایه‌ای سنگی که بین پوسته و هسته‌ی درونی سیاره قرار دارد.

لِپتون
Lepton

هریک از سه نوع ذره‌ی ریز اتمی با بار منفی که در

انفجار بزرگ ایجاد شدند؛ فقط الکترون (نگاه کنید به اتم) هنوز وجود دارد.

ماده
Matter
هر آن‌چه جرم دارد و فضایی اشغال می‌کند.

ماده‌ی تاریک
Dark Matter
ماده‌ای نامرئی که با توجه به اثر گرانش آن باید بیش‌تر جرم کیهان را شامل شود. ماده‌ی تاریک شاید شامل ذرات ویمپ، نوترینوها و کوتوله‌های قهوه‌ای باشد.

ماده‌ی میان‌ستاره‌ای
Interstellar Matter
اتم‌ها و ملکول‌هایی در فضا که بین ستاره‌ها هستند.

ماه
Moon
قمر طبیعی یک سیاره و نام خاص قمر زمین است. قمر سایر سیاره‌ها نیز اسامی خاصی دارد؛ مانند «یو» که قمر مشتری است.

متان
Methane
گازی تشکیل شده از کربن و هیدروژن.

متغیر قیفاووسی
Cepheid Variable
نوعی ستاره‌ی متغیر که روشنایی و اندازه‌ی آن تغییر می‌کند. طول دوره‌ی تغییرات به قدر مطلق ستاره بستگی دارد. اخترشناسان از قیفاووسی‌ها برای اندازه‌گیری فواصل در کیهان استفاده می‌کنند.

محموله
Payload
باری که یک وسیله‌ی پرتاب به مدار به فضا حمل می‌کند یا سوار بر یک ماهواره می‌شود.

محور
Axis
خطی فرضی که از مرکز یک سیاره یا ستاره می‌گذرد و این جسم حول آن می‌چرخد.

مدار
Orbit
مسیر حرکت یک جسم دور جسم دیگری با جرم و گرانش بیش‌تر. مانند مدار قمرها دور سیاره‌ها، سیاره‌ها دور ستاره‌ها و ستاره‌ها دور مرکز کهکشان.

مدار بیضوی
Elliptical Orbit
مداری به شکل دایره‌ای کشیده. همه‌ی مدارها بیضوی‌اند؛ دایره نیز نوع خاصی از بیضی است.

مدار زمین‌ثابت
Geostationary Orbit
مداری در ارتفاع ۳۵۸۸۰ کیلومتری بر فراز استوای زمین که در آن مدت، زمان گردش ماهواره به دور زمین با زمان چرخش زمین به دور محور خود برابر است. به همین سبب، به‌نظر می‌رسد که ماهواره در آسمان و بالای سر منطقه‌ی خاصی از زمین ثابت است.

مدار نزدیک زمین
Low-Earth Orbit
مداری حدود ۲۰۰ کیلومتر بر فراز سطح زمین. این مدار مخصوص برخی پروازهای شاتل فضایی، ایستگاه‌های فضایی و بسیاری از ماهواره‌هاست.

مغناطکُره
Magnetosphere
حبابی دور سیاره که در آن‌جا میدان مغناطیسی به حدّ کافی قوی است که باد خورشیدی را دور نگه‌دارد.

مقابله
Opposition
نقطه‌ای در مدار یک سیاره که در آن‌جا از دید ناظر زمینی سیاره در سوی مخالف خورشید و درست مقابل زمین قرار می‌گیرد. مقابله به زمان وقوع این پدیده نیز گفته می‌شود. این وضعیت بهترین زمان برای دیدن آن سیاره است.

مقارنه
Conjunction
نقطه‌ای در مدار یک سیاره که در آن‌جا از دید زمین درست با خورشید در یک خط قرار می‌گیرد. به زمانی نیز گفته می‌شود که این اتفاق رخ می‌دهد. گاهی به نزدیکی هر دو جرم سماوی در آسمان نیز مقارنه می‌گویند.

ملکول
Molecule
مجموعه‌ای از اتم‌ها که به وسیله‌ی پیوندهای شیمیایی به هم متصل شده‌اند و مانند یک واحد رفتار می‌کنند.

منظومه‌ی دوتایی
Binary System
یک جفت ستاره در مداری به دور هم.

میان‌ستاره‌ای
Interstellar
بین ستاره‌ها.

میان‌کهکشانی
Intergalactic
بین کهکشان‌ها.

میدان مغناطیسی
Magnetic Field
نیروی مغناطیسی که یک سیاره، ستاره یا کهکشان تولید می‌کند و در فضا گسترش می‌یابد.

میکرومتر
Micrometer
یک میلیونیوم متر یا یک هزارم میلی‌متر.

نابودی
Annihilation
نابودی یک ذره‌ی ریز اتمی و همتای پادماده‌ی آن وقتی با هم ملاقات می‌کنند.

نانومتر
Nanometer
یک میلیاردم یک متر.

نمودار هرتسپرونگ ـ راسل
Hertzsprung – Russell Diagram
نموداری که نشان می‌دهد ارتباط بین درخشندگی و رنگ یک ستاره چیست. چنین نموداری نشان می‌دهد که همه‌ی ستاره‌ها به چند گونه‌ی اصلی تعلق دارند. از این نمودار می‌توان برای ردگیری چرخه‌ی زندگی ستاره‌ها و تخمین درخشندگی یا فاصله‌ی آن‌ها کمک گرفت.

نواَختر
Nova
ستاره‌ی کوتوله‌ی سفیدی در یک منظومه‌ی دوتایی که از ستاره‌ی هم‌دم خود موادی را به سمت خود می‌کشد و قرصی فزاینده برای خود درست می‌کند. وقتی انفجاری در گاز در حال فروریختن بر کوتوله ایجاد می‌شود، ستاره به نواختری هزاران هزار بار درخشان‌تر از پیش تبدیل می‌شود.

نوترون
Neutron
نگاه کنید به اتم.

نوترینو
Neutrino
ذره‌ی زیراتمی بسیار فراوانی که طی هم‌جوشی هسته‌ای در ستاره‌ها و انفجار بزرگ تولید می‌شود. نوترینوها جرم بسیار بسیار کمی دارند و به سبب اثرگذاری کم بر محیط، آشکارسازی آن‌ها بسیار مشکل است.

نور
Light
تابش الکترومغناطیس در طول موج‌هایی که برای چشم انسان مرئی‌اند.

نور مرئی
Optical Light
نگاه کنید به نور.

نیتروژن
Nitrogen
گازی که ۷۹درصد جوّ زمین را تشکیل داده است.

نیم‌سایه
Penumbra
بخش خارجی‌تر و روشن‌تر لکه‌ی خورشیدی و بخش روشن‌تر سایه.

واحد نجومی
Astronomical Unit (AU)
فاصله‌ی متوسط بین زمین و خورشید که معادل ۱۴۹/۶ میلیون کیلومتر است.

هاله
Halo
ناحیه‌ای کروی در اطراف کهکشان مارپیچی که شامل ماده‌ی تاریک، خوشه‌های ستاره‌ای کروی و ستاره‌های پیر و مرده است.

هسته
Nucleus (Nuclei :جمع)
بخش مرکزی اتم که تقریباً همه‌ی جرم آن در آن‌جا متمرکز شده است. هسته از پروتون‌ها و نوترون‌ها تشکیل شده است (البته به‌جز هسته‌ی هیدروژن که یک تک‌پروتون است).

هلیوم
Helium
دومین عنصر فراوان و دومین عنصر سبک در کیهان که بر اثر انفجار بزرگ و هم‌جوشی هسته‌ای در ستاره‌ها تولید شده است و می‌شود.

هم‌جوشی هسته‌ای
Nuclear Fusion
به‌هم پیوستن هسته‌ی اتم‌ها بر اثر درهم کوبیده شدن در دما و فشار بسیار زیاد برای ساختن اتم‌های سنگین‌تر. هم‌جوشی هسته‌ای منبع انرژی ستاره‌هاست.

هم‌گرایی گرانشی
Gravitational Lensing
انحراف نور جسمی دوردست زمانی که از میان منطقه‌ای با گرانش قوی عبور می‌کند و به‌طور تصادفی برای ناظر زمینی سبب هم‌گرا شدن پرتوهای نوری جسم دور و روشن‌تر شدن آن می‌شود.

هیدروژن
Hydrogen
فراوان‌ترین و سبک‌ترین عنصر کیهان، ماده‌ی اصلی تشکیل‌دهنده‌ی ستاره‌ها و جرم قابل مشاهده‌ی کهکشان‌ها.

یون‌کُره
Ionosphere
ناحیه‌ای از جوّ زمین که ذرات به صورت یون‌هایی با بار الکتریکی‌اند. این ناحیه بین ۵۰ تا ۶۰۰ کیلومتر بالای سطح زمین است.

نمایه‌ی موضوعی

یادآوری: کلماتی که با حروف سیاه چاپ شده‌اند، خود مدخل هستند.

ش

ص

ط

ع

غ

ف

ق

ک

گ

ل

م

ن

و

ه

ی

کاوش در اینترنت

WWW.

وبگاه‌های فارسی

ماهنامه‌ی نجوم
www.nojumnews.com

انجمن نجوم ایران ـ شاخه آماتوری
www.asiac.ir

آسمان پارس
www.parssky.com

موسسه‌ی آسمان‌شب (تلسکوپ و ابزارهای نجومی)
www.telescope.ir

درگاه خبری نجوم ایران
www.astronomy.ir

دانش فضایی
www.spacescience.ir

انجمن صلح ستارگان
www.starpeace.org

آسمان شب ایران
www.nightsky.ir

تصویر روز نجوم جهان (ترجمه‌ی روزانه از وبگاه ناسا)
http://apod.nojum.ir

تصویر روز ستاره‌شناسی ایران
www.apod.ir

آسمان تاریک (مبارزه با آلودگی نوری)
www.asemanetarik.com

انجمن نجوم مشهد
www.toossky.ir

مرکز نجوم ادیب اصفهان
http://adib.isfahan.ir

باشگاه نجوم تهران
http://astcro.ir

وبگاه‌های انگلیسی

ماهنامه اسکای اند تلسکوپ
www.skyandtelescope.com

اخبار فضا و نجوم
www.spaceflightnow.com

اخبار فضا و نجوم
www.universetoday.com

تصویر روز نجوم جهان
http://apod.nasa.gov

اقلیم فضایی (پدیده‌های نجومی)
www.spaceweather.com

سازمان فضایی ناسا
www.nasa.gov

تلسکوپ فضایی هابل
www.hubblesite.org

جهان در شب (تصاویر آسمان‌شب از سراسر جهان)
www.twanight.org

اخبار و مطالب فضا
www.space.com

آزمایشگاه جت پروپالشن (کاوشگرهای فضایی)
http://jpl.nasa.gov

منظومه‌ی شمسی
www.nineplanets.org

منظومه‌ی شمسی
http://solarsystem.nasa.gov

سال جهانی نجوم
www.astronomy2009.org

ماهنامه‌ی آسترونومی
www.astronomy.com

انجمن منجمان بدون مرز
www.astrowb.org

گرفت‌های ماه و خورشید (پیش‌بینی، نقشه، آموزش)
http://eclipse.gsfc.nasa.gov

انجمن نجوم پاسفیک
www.astrosociety.org

انجمن بین‌المللی آسمان تاریک (مبارزه با آلودگی نوری)
www.darksky.org

رصد ماهواره‌ها
www.heavens-above.com

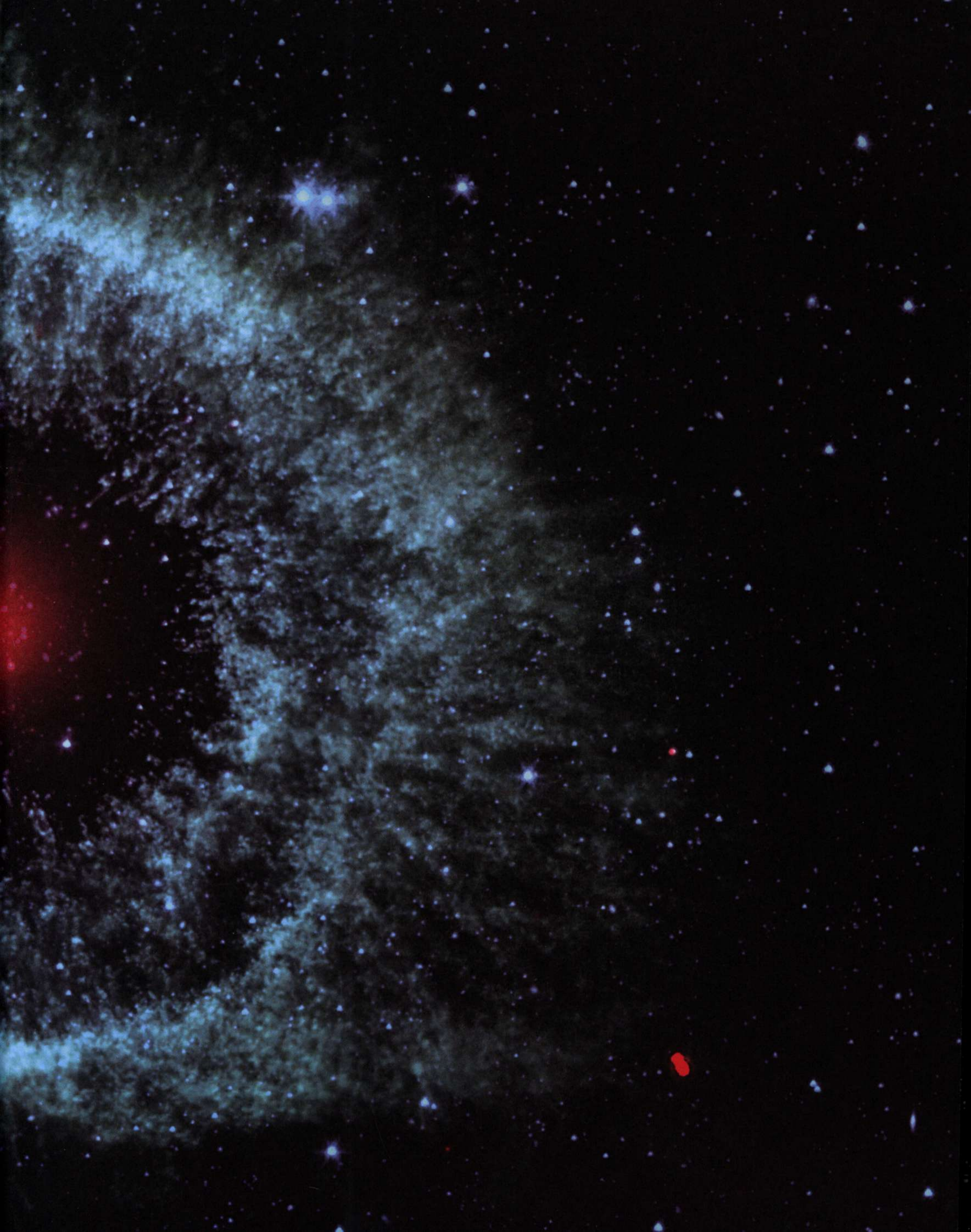
آموزش بدفهمی‌های نجومی
www.badastronomy.com

نجوم برای نوجوانان
www.kidsastronomy.com

موجودات فرازمینی
www.seti-inst.edu

علم به زبان ساده
http://www.enchantedlearning.com













ISBN 978-964-96407-9-2
